

# TFM TRABAJO FIN DE MÁSTER

## CONSERVACIÓN CURATIVA DE ELEMENTOS ORNAMENTALES EN LOS JARDINES HISTÓRICOS GRANADINOS DEL PALACIO DE LOS CÓRDOVA Y DEL CARMEN DE LOS MÁRTIRES

AUTOR: EMILIO JOSÉ JEREZ GÓMEZ

TUTORA: KERSTIN ELERT

COTUTORA: MARÍA DEL CARMEN TIENZA DURÁN

CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE 2021

CURSO ACADÉMICO: 2020/21

MÁSTER EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Considerando que la presentación de un trabajo hecho por otra persona o la copia de textos, fotos y gráficas sin citar su procedencia se considera plagio, el abajo firmante D. Emilio José Jerez Gómez con DNI , que presenta el Trabajo Fin de Máster con el título:

*Conservación curativa de elementos ornamentales en los jardines históricos granadinos del Palacio de los Córdoba y del Carmen de los Mártires*, declara la autoría y asume la originalidad de este trabajo, donde se han utilizado distintas fuentes que han sido todas citadas debidamente en la memoria.

Y para que así conste firmo el presente documento en Granada a 09 de septiembre de 2021

El autor: Emilio José Jerez Gómez

**TFM** Trabajo Fin de Máster

**Conservación curativa de elementos ornamentales en los jardines históricos granadinos del Palacio de los Córdoba y del Carmen de los Mártires.**

**Autor:** Emilio José Jerez Gómez

**Tutora:** Kerstin Elert

**Cotutora:** María del Carmen Tienza Durán

**Convocatoria:** septiembre 2021

**Curso académico:** 2020/21

**Máster en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico**

## **RESUMEN<sup>1</sup>**

Los ornamentos y esculturas de materiales pétreos y cerámicos localizados a la intemperie están condicionados por el ambiente del entorno en el que se encuentran, lo que favorece un tipo de alteración que puede verse incrementado por el biodeterioro. Esto supone el impedimento de la correcta lectura de los volúmenes escultóricos, así como de la pátina cromática propia de los materiales originales. En el presente trabajo, se proponen diferentes tratamientos de conservación activa o curativa llevados a cabo para recuperar el estado actual de algunos de los bienes escultóricos originales de material pétreo y cerámico pertenecientes a los jardines históricos del Palacio de los Córdoba y al Carmen de los Mártires. Para ello se ha realizado una revisión bibliográfica de los tratamientos más empleados en este tipo de bienes, llevando a cabo una selección metodológica diferenciando los procesos de intervención sobre esculturas y ornamentos decorativos de aquellos llevados a cabo en elementos ornamentales funcionales localizados en jardines históricos.

## **PALABRAS CLAVE**

Materiales pétreos; materiales cerámicos; ornamento escultórico; jardín histórico; análisis; biodeterioro; conservación curativa.

## **ABSTRACT**

Stone ornaments and sculptures located outdoors are conditioned by the surrounding environment, which favors a certain type of alteration that can be exacerbated by biodeterioration. This can hinder the correct reading of the sculptural volumes, as well as the chromatic patina of the original materials. In the present work, different preventive or curative conservation treatments are proposed in order to recover the current state of some of the original stone and ceramic sculptural pieces belonging to the historic gardens of the Palacio de los Córdoba and Carmen de los Mártires. To this purpose, a bibliographic review of the most commonly used treatments for this type of art pieces has been carried out, facilitating a methodological selection by differentiating the intervention processes on sculptures and decorative ornaments from those on functional ornamental elements located in historical gardens.

## **KEY WORDS**

Stone materials; ceramic materials; sculptural ornament; historical garden; analysis; biodeterioration; curative conservation (remedial conservation).

---

<sup>1</sup> Este Trabajo Final de Máster parte de las prácticas de empresa del máster CiTPA de la Universidad de Granada, dentro de la empresa de Conservación de Patrimonio de M. Carmen Tienza Durán: <https://www.carmentienza.com/>

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutora del Trabajo Final de Máster, Kerstin Elert, y a mi cotutora, María del Carmen Tienza Durán, darme la oportunidad de estudiar los elementos ornamentales de los jardines del Palacio de los Córdovas y del Carmen de los Mártires. Ambas han compartido conmigo valiosos consejos y experiencias fruto de unas grandes trayectorias profesionales. Al Departamento de Mineralogía y Petrología de la UGR, gracias al cual he podido aplicar las técnicas de análisis necesarias para llevar a cabo el estudio de los materiales pétreos. Mi admiración a todos estos profesionales, su implicación y vocación desprendida, que me han ayudado a desarrollarme como profesional y persona.

Agradecer a todo el personal docente del Máster en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico de la Universidad de Granada, que con su adaptación a las problemáticas surgidas por el COVID-19 nos han ayudado a los alumnos a sobrellevar las circunstancias y aprender a vivir una disciplina muy necesaria en la sociedad actual. No me quiero olvidar de mis amigos y compañeros de clase, gracias a los cuales me he podido enriquecer con sus diferentes puntos de vista.

Gracias a todas mis amigas y amigos de Villarrobledo, los cuales han confiado siempre en mí y me han apoyado en los diferentes proyectos en los que he participado.

Por último, pero no menos importante, agradecer a mi hermana Mari Conchi la inspiración que en mí ha supuesto su desarrollo como persona y como arquitecta, a mis padres y mi hermano por su fuerza transmitida en la superación de la lucha contra el cáncer durante estos últimos años, por haberme apoyado en los peores momentos y sobre todo por haber confiado en mí.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. OBJETIVOS .....	7
3. METODOLOGÍA.....	8
4. ANÁLISIS DE LOS CASOS DE ESTUDIO .....	9
4.1. Introducción histórica y artística del Palacio de los Córdoba .....	9
4.2. Introducción histórica y artística del Carmen de los Mártires .....	11
4.3. Datos técnicos .....	14
4.4. Estado de conservación .....	18
4.4.1. Factores de deterioro .....	18
4.4.2. Mecanismos de alteración .....	19
4.4.3. Indicadores de alteración .....	20
4.5. Estudios analíticos.....	25
5. PROPUESTA DE PROCESOS DE CONSERVACIÓN CURATIVA.....	35
A. Limpieza.....	35
A.1. Limpieza físico-mecánica	
A.2. Limpieza físico-química	
B. Desalación y extracción de sales .....	36
C. Desinfección microbiológica.....	36
D. Consolidación .....	36
D.1. Fijación	
D.2. Consolidación estructural	
E. Reintegración volumétrica y cromática .....	37
F. Protección final .....	37
6. PROPUESTA DE PAUTAS CONSERVACIÓN PREVENTIVA EN LOS JARDINES HISTÓRICOS GRANADINOS.....	38
7. CONCLUSIÓN .....	40
CONCLUSION (EN) .....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ornamentos pétreos y cerámicos expuestos al aire libre están sujetos a los factores ambientales de su entorno, siendo estos principalmente de origen natural y antropológico (JIMENEZ DÍAZ et al., 2004). Por ello, las patologías que poseen estas obras están directamente relacionadas con el lugar en el que se ubican, provocando una serie de alteraciones particulares en la casuística que se da en los ornamentos decorativos de un jardín histórico.

Los materiales pétreos y cerámicos se ven afectados por factores de deterioro intrínsecos a la propia composición de los bienes culturales y extrínsecos derivados de los factores ambientales del entorno que los rodea (TIENZA DURÁN, 2017). Los factores de deterioro extrínsecos pueden darse como una mezcla de factores ambientales naturales con una acción de tipo físico-química por la combinación de causas como variaciones de temperatura, viento, los diferentes estados del agua, terremotos<sup>2</sup> y el biodeterioro, muy arraigado en los ornamentos de los jardines. A esto se le unen los factores antropológicos, con la contaminación atmosférica derivada del uso de combustibles fósiles, el uso de sistemas de riego inadecuados, la plantación de nuevas especies incompatibles con las disposiciones y significancias originales, las vibraciones mecánicas y acústicas derivadas del nuevo uso de los espacios como lugar de celebración de eventos de diversa índole (PEREZ CHIVITE, 2020).

Con este trabajo se pretenden individualizar los tratamientos de conservación preventiva y curativa que requiere un determinado ornamento pétreo o cerámico ubicado en un jardín histórico, ya sea en el jardín del Palacio de los Córdoba o en el Carmen de los Mártires, ambos situados en la ciudad de Granada. La metodología aplicada estará condicionada por las características que posee cada pieza, ya que algunas poseen una funcionalidad que condiciona el tipo de intervención. “No existen tratamientos universales, sino problemas concretos con soluciones adecuadas para cada caso” (IPCE, 2013). Los criterios y metodologías seleccionados son los establecidos desde las Cartas Internacionales de Conservación y Restauración, como la Carta de Florencia sobre Jardines Históricos (ICOMOS, 1981), además de seguir los marcados por instituciones como el IPCE o el IAPH entre otros.

Hasta la actualidad, gran parte de las publicaciones sobre espacios ajardinados históricos se han centrado sobre todo en el paisajismo y la arquitectura vegetal (ICOMOS, 1981) dejando a un lado los elementos ornamentales que forman parte de la decoración de los mismos y que también dotan de significancia y autenticidad a estos espacios (JAGIEŁŁO, 2021), por lo que la búsqueda de una simbiosis entre la materia vegetal y ornamental se debería hacer patente, actualizando las guías a seguir entre otras acciones.

Parte de los estudios desarrollados, concretamente los del jardín del Palacio de los Córdoba vienen a solventar de urgencia las problemáticas surgidas a raíz de los diversos terremotos que tuvieron lugar en la ciudad de Granada a comienzos del año 2021 (IGN, 2021), que afectaron a algunas de las esculturas expuestas al aire libre, llegando a causar la fragmentación y desprendimiento de parte de un busto.

---

<sup>2</sup> Granada ha sufrido al menos 8 terremotos de magnitudes superiores a los 3 puntos de magnitud en la escala Richter entre los días 23 y 28 del mes de enero de 2021 (IGN, 2021)

## **2. OBJETIVOS**

- Revisión bibliográfica relativa a los procesos de intervención llevados a cabo para la conservación curativa de ornamentos pétreos y cerámicos en jardines históricos.
- Determinación de los procesos de alteraciones y problemas de conservación que sufren los materiales pétreos y cerámicos objeto de intervención expuestos al aire libre.
- Identificación de la composición de los materiales pétreos a intervenir y su contexto histórico-material.
- Selección de los tratamientos de conservación activa más adecuados dependiendo de la tipología del bien escultórico, siguiendo el criterio de mínima intervención.
- Propuesta de una serie de pautas de mantenimiento y conservación preventiva de los bienes muebles asociados a jardines históricos una vez intervenidos.



### 3. METODOLOGÍA

La metodología que se propone en este trabajo tiene como propósito ofrecer un completo estudio con el que abordar las intervenciones de conservación curativa<sup>3</sup> destinadas a controlar y limitar los procesos de alteración en los elementos escultóricos originales de dos jardines históricos de la ciudad de Granada, situados en el Palacio de los Córdoba y en el Carmen de los Mártires. De esta forma, se ha podido conocer, revisar y valorar el tipo de actuación que requiere cada casuística material, bajo la tendencia actual de la mínima intervención sobre la obra de arte, encontrándose elementos tanto pétreos como cerámicos con diferentes usos y tipos de deterioro.

Atendiendo a lo expuesto en el Art. 10 de la Carta de Jardines Históricos de Florencia de 1981, “Toda operación de mantenimiento, conservación, restauración o recuperación de un jardín histórico, o de una de sus partes, debe tener en cuenta simultáneamente todos sus elementos. (...)”

Para cumplir con los objetivos enumerados en el epígrafe anterior, ha sido necesario establecer una metodología de estudio específica dividida en dos grandes bloques:

En el primero se ha recopilado una serie de información relativa a los datos técnicos de las esculturas y ornamentos que forman parte de los conjuntos históricos ajardinados. Para ello, se ha llevado a cabo una introducción histórica y artística de los lugares que contienen los bienes objeto de intervención, se han registrado los análisis previos, con la recogida de los datos técnicos, documentación fotográfica, así como de estudios analíticos, y, finalmente se ha valorado el estado de conservación de las piezas, con una documentación gráfica.

En la segunda parte, se han propuesto consecuentemente los procesos de intervención con carácter curativo, y una serie de pautas de conservación preventiva para asegurar el correcto mantenimiento de las esculturas en su ubicación original dentro de los jardines históricos de los que forman parte.

---

<sup>3</sup> Esta terminología junto con los conceptos de conservación preventiva y restauración es la utilizada para definir la conservación del patrimonio cultural tangible desde 2008 por el ICOM-CC. **Conservación curativa:** “(...) Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones sólo se realizan cuando los bienes se encuentran en un estado de fragilidad notable o se están deteriorando a un ritmo elevado, por lo que podrían perderse en un tiempo relativamente breve. Estas acciones a veces modifican el aspecto de los bienes. (...)” (ICOM-CC, 2008, 2).

## 4. ANÁLISIS DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Los análisis previos han consistido en la toma de datos técnicos sobre los materiales pétreos de los jardines a intervenir, la creación y consulta de documentación gráfica relacionada y en los estudios analíticos realizados y revisados para obtener un completo acercamiento a las esculturas intervenidas y su contexto. La extracción de muestras en el caso de las esculturas del jardín del Palacio de los Córdoba ha sido posible por el estado de deterioro de las mismas, lo que ha permitido extraer de zonas poco o nada visibles materiales alterados para su estudio e identificación. En el Carmen de los Mártires se han consultado los estudios ya realizados en anteriores publicaciones (TIENZA, 2017; AYTO. GRANADA, 2018).

### 4.1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA Y ARTÍSTICA DEL PALACIO DE LOS CÓRDOVAS

El Palacio de los Córdovas se trata de una reconstrucción estilística encargada por los duques de Montellano con algunos elementos originales del primitivo palacio realizada a mediados de la década de 1960 en el comienzo de la Cuesta del Chapiz (JEREZ MIR, 2003). El edificio renacentista original del S. XVI mandado construir por el alférez mayor de Granada Luis Fernández de Córdoba estaba situado en la Plaza de las Descalzas de Granada (Fig. 1), y fue objeto de derribo en 1916 (GALLEGO Y BURÍN, 1996).

En la reconstrucción, el arquitecto José Carlos Álvarez de Toledo redactó el proyecto en base a los datos recopilados del antiguo palacio por Manuel Gómez Moreno a finales del XIX. Para llevar a cabo dicha labor, los elementos arquitectónicos y artísticos preexistentes fueron los que marcaron el tamaño del nuevo palacio, aunque perdieron su funcionalidad sustentadora original para asegurar la conservación de los mismos (Fig. 2). Por otra parte, los jardines (Figs. 3-5) y el resto del palacio fueron proyectados por Antonio Dalmases con ayuda de Sor Cristina de Arteaga con algunos materiales procedentes muy probablemente de los restos del madrileño Palacio de los Duques de Montellano, antigua residencia ducal, la cual había sido derribada en 1966 (BELVER GARCÍA, 2014). En 1981 el palacio reconstruido se declara BIC (IAPH, 2019b), pasando a ser propiedad municipal en 1983 y, actualmente, aloja el Archivo Histórico de la ciudad de Granada desde 1984, así como diversos eventos de la ciudad.



Fig. 1. Fachada del Palacio en su ubicación original en 1913 fotografiada por José Martínez Rioboó.



Fig. 2. Vista General de la fachada reconstruida del Palacio de los Córdoba. Google Imágenes.

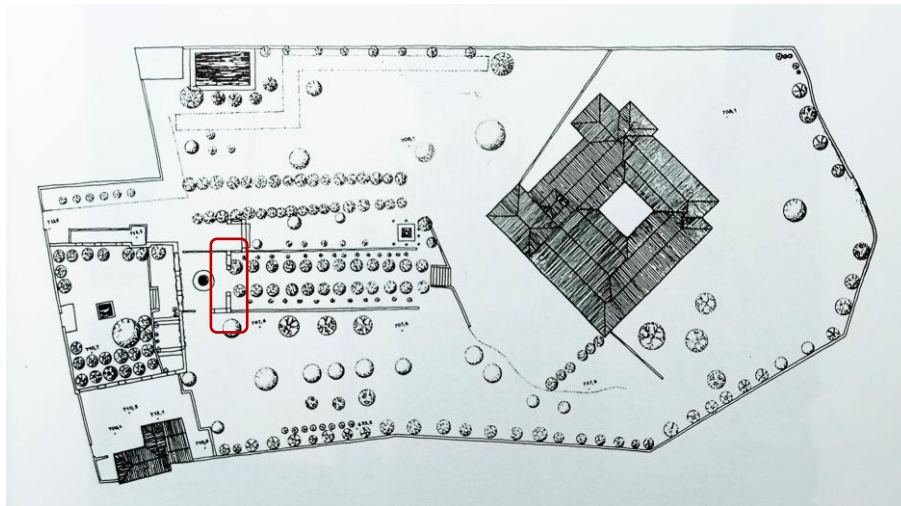


Fig. 3. Planta general de los jardines y Palacio de los Córdoba (JEREZ MIR, 2003). En rojo se ha señalado el área ocupada por las esculturas sobre las que se intervendría.

Fig. 4. Vista general del segundo recinto del jardín, con las 4 piezas objeto de estudio coronando las pilastras.

Fig. 5. Vista de dos de las piezas sobre pilastras cubiertas por un manto verde de hiedra.



## 4.2. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA Y ARTÍSTICA DEL JARDÍN DEL CARMEN DE LOS MÁRTIRES

El Carmen de los Mártires es una construcción decimonónica formada por un conjunto de huertos de origen nazarí, jardines románticos y un palacete neoclásico, ubicado en la colina de la Sabika, actuando en el entorno de la Alhambra como amortiguador paisajístico (TITO ROJO, 2017), concretamente en el histórico paraje granadino denominado por los árabes Campo de Ahabul, y posteriormente Corral de los Cautivos por los cristianos (GALLEGO Y BURÍN, 1996). Cuenta con una protección jurídica patrimonial desde 1943, contando con la catalogación de BIC en la categoría de Jardín Histórico (IAPH, 2019a).

El conjunto de jardines y palacete fue construido por Carlos Calderón y Molina a mediados del S.XIX sobre los terrenos del antiguo Convento de Carmelitas Descalzos<sup>4</sup> construido en el S.XVI y demolido en 1842. El conjunto de jardines se organiza a distintos niveles aprovechando la orografía del terreno, lo que permite conformar distintos estilos y características que diferencian cada parte del mismo. En sus inicios, se podían distinguir: un jardín francés (Fig. 6) de estilo barroco (alterado por la plantación posterior de arbolado); un jardín paisajista o Jardín Inglés, actualmente denominado de las Palmeras (su lectura ha cambiado en parte); un jardín a la italiana al este del jardín francés; un jardín a la moda centroeuropea del XIX; el Lago, y un Jardín Andalúz o hispanomusulmán (IAPH, 2019a). Sin embargo, este conjunto se ha visto modificado por diversas transformaciones de la mano de sus sucesivos propietarios (Figs. 7-9), siendo el periodo de mayor esplendor con el empresario belga Hubert Meersmans entre 1891 y 1930 (TIENZA DURÁN, 2017), pasando a manos del duque del Infantado de 1930 a 1957, quien finalmente lo legó al Ayuntamiento de Granada a su muerte. Dicha institución tras un periodo de cesión, deterioro (se pretendía instalar un hotel dentro del recinto) y abandono inició en 1979 su restauración para el uso y disfrute público de granadinos y visitantes como lugar de recreo, uso que perdura en la actualidad junto con el de espacio de diversos eventos (CASARES PORCEL, 2017).



Fig. 6. Jardín Francés del Carmen de los Mártires retratado por Mariano Bertuchi en 1898.

<sup>4</sup> San Juan de la Cruz fue el primer prior del convento y durante su estancia dedicó parte de su tiempo a cuidar del huerto además de escribir varios libros. (TIENZA DURÁN, 2017)

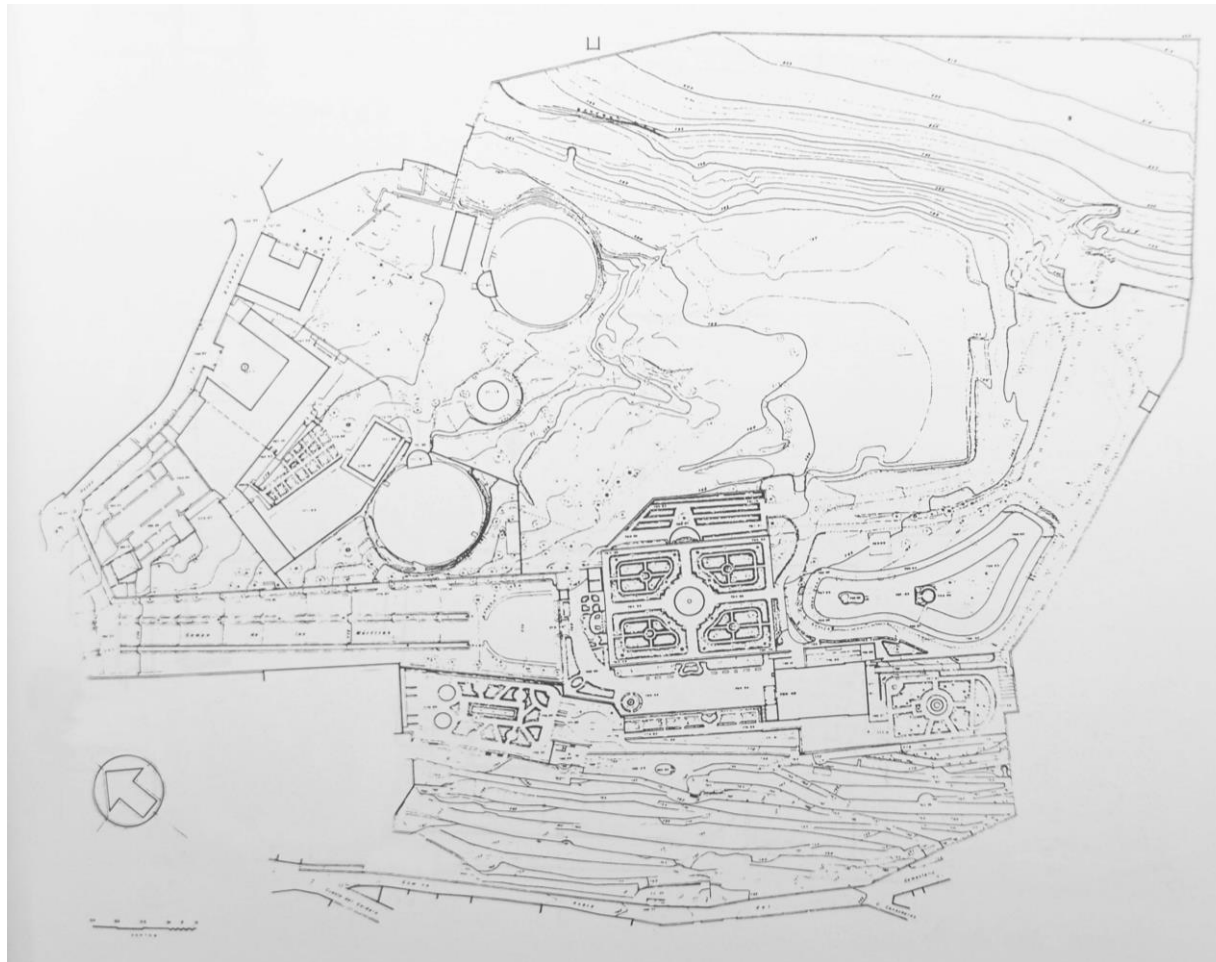


Fig. 7. Planta general del Carmen de los Mártires (JEREZ MIR, 2003)



Fig. 8. Visión del Carmen de los Mártires en 1862 fotografiada por C. Clifford.



Fig. 9. Vista general de la Fachada principal del palacete (IAPH, 2019)

### 4.3. DATOS TÉCNICOS

#### *Esculturas del jardín del Palacio de los Córdoba*

Las 4 esculturas que tendrían que ser intervenidas de urgencia en el jardín del Palacio de los Córdoba pertenecen al primero de los 3 conjuntos escultóricos formado por 8 piezas pétreas procedentes del desaparecido Palacio de los Duques de Montellano (1901-1966) de Madrid. Se ha podido constatar que al menos 6 de estas piezas (2 cestos de flores, 2 jarrones y 2 leones) tuvieron dicha ubicación mediante la documentación fotográfica que se conserva del espacio original (Fig. 10).



Fig. 10. Jardín del Palacio de los Duques de Montellano de Madrid por V. Muro en 1929. En la foto se aprecian uno de los jarrones y los cestos de frutos que se encuentran actualmente en Granada.

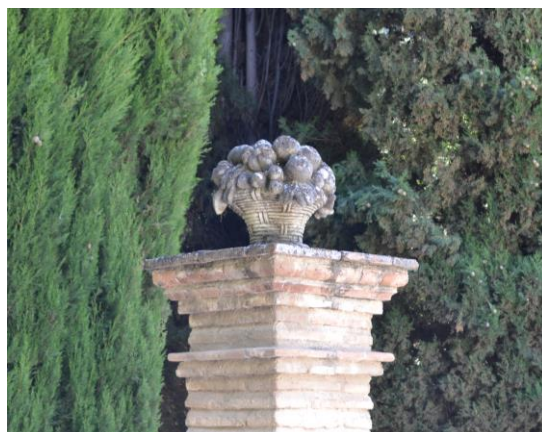


Fig. 11. Cesto de frutos en su ubicación actual en el jardín del Palacio de los Córdoba.

Las esculturas en su ubicación actual del jardín del Palacio de los Córdoba están distribuidas en 3 conjuntos ubicados en diferentes zonas de este espacio:

- Al acceder al segundo recinto del jardín, se encuentran sobre cuatro pilastras de ladrillo el primer conjunto de esculturas formado por dos bustos de personajes clásicos/mitológicos masculinos aparentemente en mármol ubicados en los extremos y dos cestos de frutos modernistas posiblemente de calcarenita en el centro que dan paso a un pasillo de cipreses (Fig. 11).
- Al término del pasillo de cipreses, se encuentra el segundo conjunto compuesto por una pareja de leones modernistas posiblemente de calcarenita, localizados a ambos lados de la subida al podio donde se encuentra ubicado el palacio reconstruido.
- Finalmente, el tercer conjunto lo completan una pareja de jarrones modernistas aparentemente de calcarenita que enmarcan ambos lados de la portada original del Palacio de los Córdoba.



## CESTOS DE FRUTOS 1 Y 2

Esculturas consistentes en dos cestos de frutos de mimbre de bulto redondo. Los cestos, de estilo modernista (1901), estuvieron ligados a la decoración del jardín del Palacio de los Duques de Montellano en Madrid (Figs. 12 y 13). El litotipo de estas piezas parece ser una calcarenita bioclástica, procedente probablemente de una cantera madrileña. Se encuentran sobre pilastras de ladrillo de los años 60 en el segundo recinto del jardín.

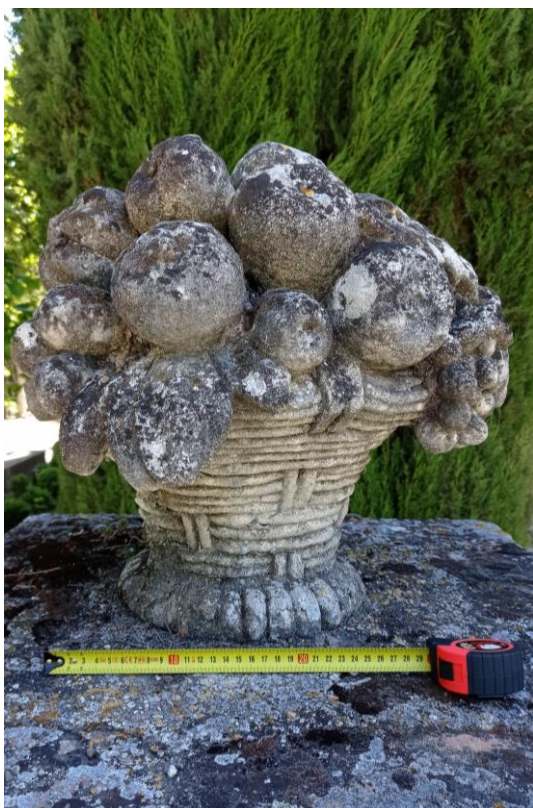


Fig. 12. Cesto de frutos 1



Fig. 13. Cesto de frutos 2

## BUSTOS MASCULINOS 1 Y 2

Ornamentos escultóricos consistentes en un par de bustos masculinos de medio bulto sobre basas circulares de orden toscano (Figs. 14 y 15). Las esculturas estuvieron ligadas a una arquitectura desaparecida, por su configuración de medio bulto acotado o integrado por la pared en la que se encontraban originariamente. El litotipo de las mismas parecería un mármol blanco, por lo que probablemente fuesen fruto de un encargo elaborado en algún taller europeo entre los siglos XVI y XVIII. Por los atributos que portan ambos bustos, los representados formarían parte de la cultura clásica romana. Actualmente se exponen sobre pilastras de ladrillo de los años 60 en el segundo recinto del jardín.





Fig. 14. Busto masculino 1

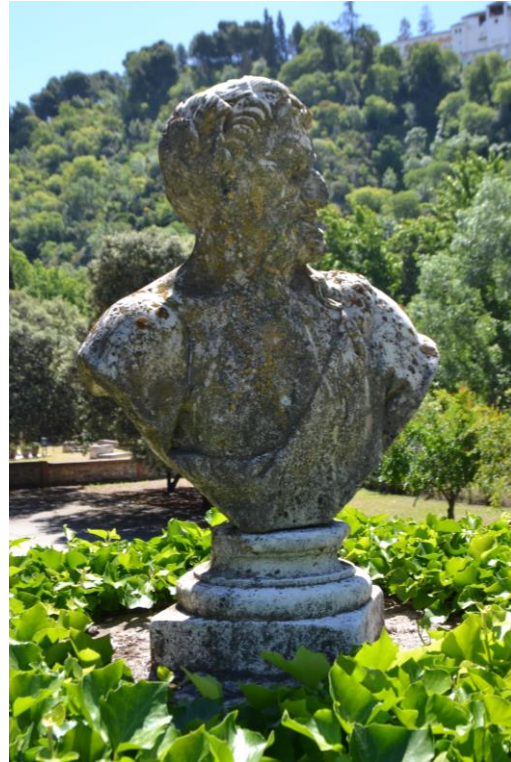


Fig. 15. Busto masculino 2

### ***Fuente del jardín del Carmen de los Mártires***

En el jardín del Carmen de los Mártires se intervendría la escultura y ornamentos cerámicos de la fuente del Tritón<sup>5</sup>, del S.XIX, ubicada en la terraza orientada hacia el barrio del Realejo que se encuentra en los bajos del palacete (Fig. 16-18). Por su naturaleza cerámica, la composición de la misma se relaciona con la de las esculturas mitológicas que decoran el jardín francés del Carmen, y que fueron estudiadas anteriormente (TIENZA DURÁN, 2017).



Fig. 16. Fuente del Tritón y su entorno a principios de la década de los 2000 (IAPH, 2019a).



Fig. 17. Fuente del Tritón y su entorno en su estado actual. Se puede apreciar el crecimiento descontrolado de vegetación y biodeterioro.

<sup>5</sup> Tritón es un ser mitológico mitad hombre y mitad pez que calma las aguas haciendo sonar su concha. Este ser es fruto de la relación entre la nereida Anfítitre (hija de Nereo) y Poseidón. (CRUZ CABRERA, 2015)





Fig. 18. Fuente del Tritón del Carmen de los Mártires en su estado actual

## 4.4. ESTADO DE CONSERVACIÓN

### 4.4.1. FACTORES DE DETERIORO

Los factores de deterioro o alteración son aquellos parámetros que inducen a los bienes culturales a sufrir cambios perjudiciales en sus propiedades materiales. Se visualizan mediante indicadores y son provocados por unos mecanismos determinados que ejercen una acción conjunta sobre cada pieza de forma diferente (JIMENEZ DÍAZ et al., 2004). Estos factores se deben a causas que pueden ser intrínsecas o extrínsecas a los materiales que componen el bien cultural.

Por una parte, en las causas intrínsecas influye la composición química, mineralógica y características petrográficas, propiedades físico-mecánicas, los efectos de la extracción, labra y puesta en obra (MÁS I BARBERÁ, 2010).

En cuanto a los factores extrínsecos, se deben al propio ambiente que rodea a los materiales pétreos. Estos factores se pueden clasificar, según su génesis, en naturales y antropológicos. Aun así, los parámetros derivados del medioambiente tienen una acción que puede ser física, química, biológica y antrópica. El viento, los cambios térmicos y la acción del agua en sus diferentes estados abarcan las alteraciones de tipo físico; las sales solubles, la contaminación atmosférica y las costras conforman alteraciones de tipo químico; el biodeterioro<sup>6</sup> contempla las alteraciones de tipo biológico; los actos vandálicos, cambios por modas, e intervenciones de conservación inadecuadas, que están relacionados con las alteraciones antrópicas como el uso incompatible de los espacios o el riego descontrolado. A los anteriores parámetros debemos añadir los desastres naturales, que pueden ser causados por la mezcla de diversos factores, entre los que se encuentran terremotos (Figs. 19 y 20), inundaciones, etc.



Fig. 19. Desprendimiento de un fragmento del Busto 1 a causa de los terremotos ocurridos en Granada en Enero de 2021.

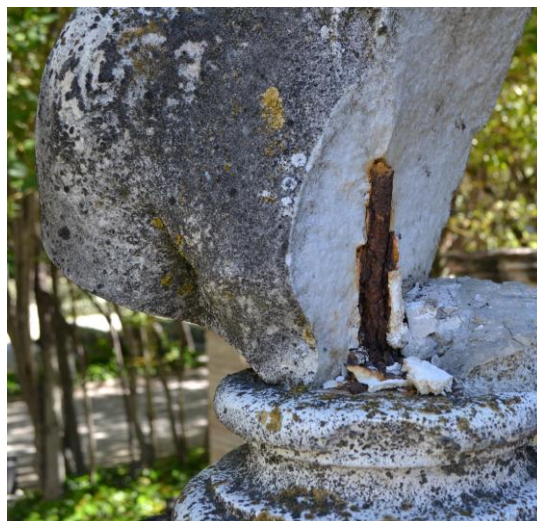


Fig. 20. Vista de la superficie del desprendimiento y de los líquenes que cubren el Busto 1.

<sup>6</sup> “(...) El biodeterioro normalmente se desencadena cuando los organismos vivos colonizan un sustrato en avanzado estado de deterioro, mucho más vulnerable (...)” (PERAZA ZURITA, 2004)

#### **4.4.2. MECANISMOS DE ALTERACIÓN**

Estos están relacionados con los factores de deterioro y normalmente se ven relacionados entre sí. En el caso que nos ocupa, son de destacar la erosión, los cambios de volumen en los materiales, la disolución y cambio químico motivado por diversos factores y el biodeterioro. En primer lugar, la erosión se produce por la acción combinada del viento, el polvo/arena en suspensión y la lluvia, que produce el lavado y disolución de los elementos más salientes de las esculturas. En segundo lugar, los cambios de volumen en los materiales pétreos se generan por las tensiones producidas entre la superficie y el interior por la variación de temperatura, originándose fisuras en los planos más débiles de crecimiento de los cristales. Además, los daños por el empleo de materiales incompatibles también tienen que ver con este deterioro, puesto que el coeficiente de dilatación de morteros de yeso y metales difiere del de los litotipos de las esculturas (JIMENEZ DÍAZ et al., 2004). Habría que añadir los daños por solución y precipitación de sales en los materiales pétreos, que generan presión durante la recristalización de estas. Es posible que el uso de abonos y la gran presencia de materia orgánica por las masas vegetales y los abonos empleados en el entorno de las esculturas puedan contribuir a una alta concentración de nitratos que pueden provocar daños de diversa consideración. En tercer lugar, la disolución de material y cambio químico se produce por la acción disolvente del agua, que transporta soluciones que reaccionan químicamente con el sustrato pétreo (MÁS I BARBERA, 2010). Combinada con contaminantes, produce un fuerte ataque a calizas y mármoles, llegando a generar y transformar los materiales en otros compuestos.

Por último, el hecho de que las esculturas estudiadas en este trabajo formen parte de la decoración de jardines, condiciona que los mecanismos de tipo biológico (biodeterioro) sean predominantes en cuanto a la incidencia y catalización de los demás agentes de deterioro. En el caso que nos ocupa, el análisis organoléptico del biofilm observado en los ornamentos escultóricos hace que se pudiera establecer una hipótesis en la que entre otros se encontrarían estos mecanismos: algas, líquenes (hongos y algas/cianobacterias), musgos y plantas vasculares.

Las bacterias reductoras del hierro en la biocorrosión son capaces (según las características ambientales de la interfaz metal/biofilm/medio y su entorno) de inducir a la protección del acero o potenciar su corrosión a través de la reducción y eliminación de películas pasivadoras férricas (protectoras) que se encuentran en la superficie metálica (HERRERA et al., 2009), afectando estas gravemente a los pernos metálicos de las esculturas.

Las algas verdes se pueden encontrar en la fuente del Tritón y parecen crecer sobre la superficie cerámica recubriéndola, siendo indicadoras de la existencia de humedad continua y zonas poco expuestas a la radiación UV del Sol. Los daños causados son en mayor medida de carácter estético, facilitando procesos de alteración relacionados con el agua porque contribuyen a mantener un contenido de humedad alto, aumentando el peso de las esculturas y actuando de sustrato para la proliferación de otros organismos que podrían ser más destructivos (MÁS I BARBERÀ, 2010).

En el caso del Palacio de los Córdovas, los líquenes<sup>7</sup> afectan a más del 60% de la superficie de los ornamentos líticos, pudiendo existir también la presencia de costras oxálicas en parte de la superficie de las piezas (COREMANS, 2013). Este tipo de oxalatos puede tener un efecto positivo sobre los materiales pétreos, proporcionando una pátina natural de protección (BURGOS-CARA et al., 2017). Asimismo, existe una combinación de líquenes crustáceos adheridos al sustrato pétreo y foliáceos con una fijación más reducida. Sus efectos sobre los materiales producen un deterioro físico, químico y estético de las piezas. Los de tipo físico, aúnan un aumento de la permeabilidad con el desconchado de calcarenitas y fisuración de mármoles; los de tipo químico abarcan la excreción de ácidos orgánicos y formación de eflorescencias; y los de tipo estético dotan de un aspecto sucio que aparte de desvirtuar el color original del material lítico dificulta la correcta lectura de la escultura al espectador (IPCE, 2013).

Por otro lado, los musgos aparecen sobre todo en la fuente del Tritón ya que precisan de presencia constante de agua, luz solar y un sustrato pulverulento o disgregado superficialmente donde puedan fijar sus rizoides. Su acción mecánica es mínima, pero pueden aportar acidez a las piezas por sus rizoides (raíces). La alteración estética que producen es la más grave, ocultando la superficie de los ornamentos y sirviendo de sustrato para plantas vasculares u otros organismos con mayor poder lesivo (MAS I BARBERÀ, 2010).

En cuanto a las plantas vasculares, estas afectan a 3 de las 4 esculturas estudiadas en el jardín de los Córdovas y a la fuente de Tritón del Carmen debido al crecimiento descontrolado de hiedras y musgos, produciendo un deterioro de tipo mecánico fuerte por la presión que generan sus raíces, además de químico por su actividad biológica y estético.

#### **4.4.3. INDICADORES DE ALTERACIÓN**

##### **BUSTOS MASCULINOS 1 Y 2: *Jardín del Palacio de los Córdova***

El estado de conservación generalizado del busto 1 es muy grave, requiriendo de una intervención urgente (Fig. 21). No sólo posee un avanzado estado de alteración por su biofilm, con líquenes que abarcan casi la totalidad de la superficie escultórica (haciéndola casi ilegible al espectador), sino que además con el último episodio de terremotos acontecido en Granada se abrió una fisura, con la fragmentación y desprendimiento de aproximadamente un 25% de la escultura, afectando a las zonas de nariz, cuello, hombro izquierdo y pectorales. Además, se han encontrado morteros incompatibles con los materiales pétreos originales y el anclaje de la escultura en la pilastra se realizó mediante un perno de hierro que actualmente se encuentra en avanzado estado de oxidación, con el correspondiente aumento de volumen y presión ejercida al mármol.

Por otra parte, los indicadores de alteración del busto 2 hacen ver que el estado de conservación del mismo es malo. Por un lado, la mayor parte de la escultura está afectada por

---

<sup>7</sup> “(...) Líquen: Organismo resultado de la simbiosis de un hongo y un alga, de aspecto coriáceo, formas redondeadas y colores variados, que se incrusta en la superficie de los materiales. Son frecuentes en zonas iluminadas y bien ventiladas. (...)” (IPCE, 2013, 201)



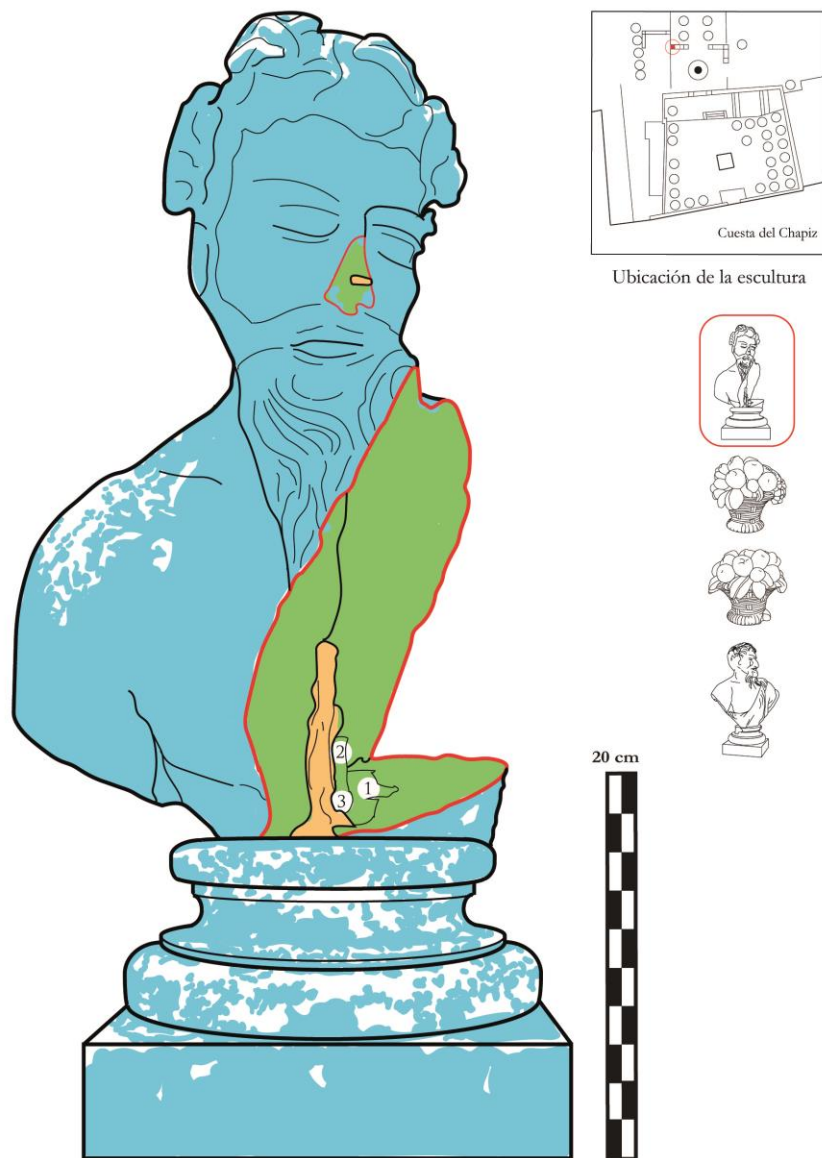


Fig. 21. MAPA DE DAÑOS DEL BUSTO 1 (Mármol blanco)

- Perno de hierro
- Lagunas
- Límite del desprendimiento
- Biodeterioro: Líquenes

Toma de Muestras:  
 MJPC-1  
 MJPC-2  
 MJPC-3



Fig. 22. MAPA DE DAÑOS DEL BUSTO 2 (Mármol blanco)

- Fisuras
- Lagunas
- Biodeterioro: Líquenes

biodeterioro en forma de líquenes (Fig. 22), los cuales hacen casi ilegible la calidad de la obra, erosión y abrasión de las zonas más expuestas, faltantes en cabeza y basa, así como fisuración de la nariz y de la unión entre pieza y basa, lo cual hace peligrar a corto-medio plazo la integridad de la misma (Figs. 23 y 24). Por último, hay que destacar que la pilastra sobre la que se encuentra expuesta está invadida por una hiedra, la cual contribuye a acelerar el proceso de degradación al que se ve sometida.



Fig. 23. Busto 1: desprendimiento de nariz, oxidación de perno y biofilm conformado por bacterias y líquenes.



Fig. 24. Busto 2: Erosión de las zonas más expuestas y presencia de hiedra alrededor de la escultura

#### **CESTOS DE FRUTOS 1 Y 2: *Jardín del Palacio de los Córdoba***

El cesto 1 presenta un deficitario estado de conservación, sobre todo en la zona de la base donde se han producido desprendimientos y descamaciones del material pétreo. Asimismo, el biodeterioro por líquenes afecta a gran parte de la superficie pétreo y este se ha visto incrementado por la presencia puntual en algunas partes de plantas vasculares que suponen un gran riesgo físico para los materiales originales (Fig. 25). Por último, la presencia de grietas y fisuras en la parte de la cesta parece preocupante, suponiendo un riesgo potencial de pérdida de material (Fig. 27).

Por otro lado, el cesto 2 posee un estado de conservación similar al del anterior cesto, por la analogía material del mismo (Fig. 26). Es reseñable que, a diferencia del anterior, la pilastra sobre la que se sustenta está rodeada de una hiedra que ha llegado a ocultar la escultura, por los numerosos restos de ramas y hojas encontrados sobre la obra (Fig.28).



Fig. 25. Desprendimientos y descamaciones en la base del Cesto 1.



Fig. 26. Presencia de restos de plantas vasculares en el Cesto 2.



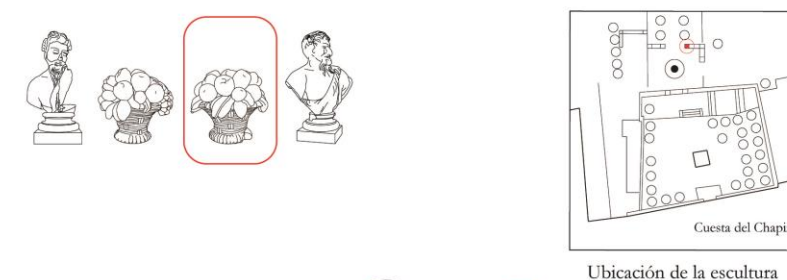


Fig. 27. MAPA DE DAÑOS DEL CESTO DE FLORES 1 (Calcarenita)

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Biodeterioro: Plantas | Faltantes por desprendimiento |
| Grietas y fisuras     | Biodeterioro: Líquenes        |

Toma de muestras:  
MJPC-4

Fig. 28. MAPA DE DAÑOS DEL CESTO DE FLORES 2 (Calcarenita)

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Biodeterioro: Plantas | Faltantes por desprendimiento |
| Grietas y fisuras     | Biodeterioro: Líquenes        |

## FUENTE DE TRITÓN: *Carmen de los Mártires*

El estado de conservación de la fuente por los indicadores de alteración que se pueden encontrar en ella es muy deficitario, requiriendo una intervención conservativa de manera urgente. Por un lado, sendas grietas y fisuras amenazan la estabilidad física de la figura del Tritón, a lo que se une un biofilm generalizado que estaría conformado por algas verdes, musgos y plantas vasculares que agravan el anterior problema (Fig. 29), pues aportan peso reteniendo la humedad y afectan de forma mecánica en el caso de las plantas (Figs. 30 y 31).



Fig. 29. Biofilm constituido por algas verdes, musgos y plantas vasculares en la Fuente del Tritón.



Fig. 30. Apertura de grietas en la cabeza y brazos del Tritón.



Fig. 31. MAPA DE DAÑOS DE LA FUENTE DE TRITÓN (cerámica cocida)

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| ■ Biodeterioro por Plantas | ■ Biodeterioro por Algas  |
| — Grietas y fisuras        | ■ Biodeterioro por Musgos |



#### 4.5. ESTUDIOS ANALÍTICOS

##### *Fuente del jardín del Carmen de los Mártires*

En el caso de los ornamentos de la fuente de Tritón objeto de estudio en el Carmen de los Mártires, se han revisado los estudios científico-técnicos publicados en trabajos previos (AYTO. GRANADA, 2018), ya que nos dan una aproximación matérica bastante cercana sobre los elementos constitutivos de las esculturas del jardín y además no era posible la toma de muestras. En estos estudios, se caracterizaron materiales y técnicas de 6 muestras de 3 esculturas y un jarrón del Jardín Francés (TIENZA DURÁN, 2017). Estas muestras fueron analizadas mediante observación directa, difracción de rayos X, estudio petrográfico y tinción de cementos.

En dos de las esculturas analizadas, las principales fases detectadas son cuarzo y cerusita, lo cual da una idea sobre el empleo de arcilla rica en hierro con el empleo de cuarzo como desgrasante. Su temperatura de cocción se establece entre los 700 y 900°C, y se observa una capa sulfatada, posiblemente perteneciente al estuco (TIENZA DURÁN, 2017). En la escultura restante (Ceres), el material cerámico lo componen arcillas blancas con bajo contenido en hierro y cuarzo como desgrasante. La aparición en el difractograma de gehlenita y sanidina (Fig. 32), indica una temperatura de cocción de materiales de entre los 800-1000°C, con un estuco de naturaleza calcítica.

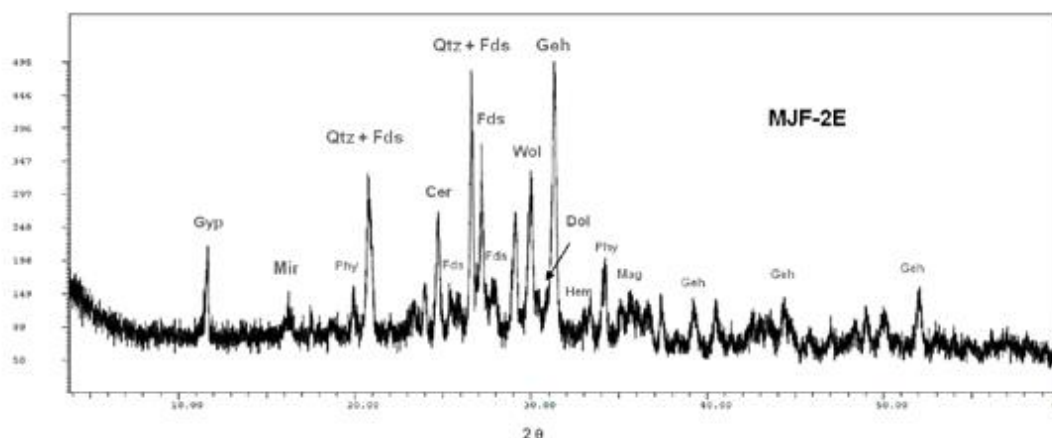


Fig. 32. Difractograma de la muestra MJF-2E procedente de la escultura de la diosa Ceres extraída del manto. En él se observa la presencia de cuarzo (Qtz), gehlenita (Geh), sanidina (San), cerusita (Cer) y yeso (Gyp) (Ayto. de Granada, 2018).

##### *Esculturas del jardín del Palacio de los Córdoba*

Las técnicas instrumentales que han sido empleadas para determinar la mineralogía y petrografía de las muestras de material pétreo extraído se han centrado en la combinación de la difracción de rayos X (DRX-XRD) y la microscopía óptica de luz polarizada (MOP). Dado el avance de los métodos de estudio hacia ensayos muy poco o nada destructivos, se ha considerado la premisa de análisis con mínimo impacto, recogiendo la mínima cantidad de material posible y la más representativa (Figs. 33 y 34).

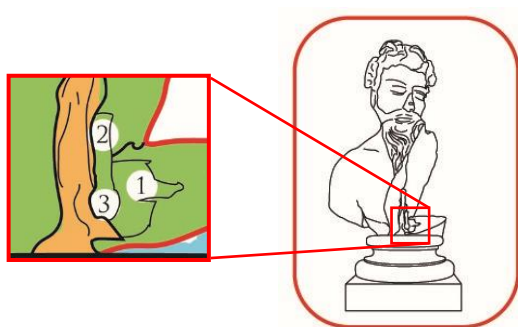


Fig. 33. Toma de muestras MJPC-1, 2 y 3 (Busto 1)

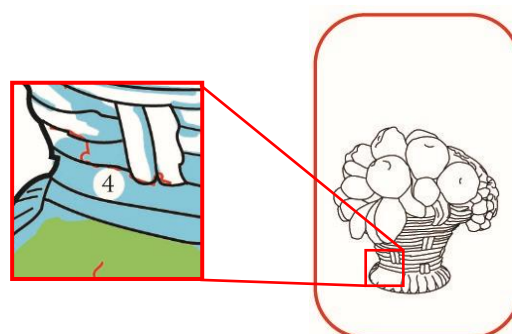


Fig. 34. Toma de muestras MJPC-4 (Cesto de flores 1)

- **Difracción de rayos X (XRD-DRX):** A través de esta técnica se han identificado las fases minerales, y con ello la composición mineralógica de forma cualitativa, mediante el método del polvo desorientado, muestras sólidas y fondo cero (ELERT et al. 2021). Para ello se ha utilizado un difractómetro X'Pert PRO (PANalytical B.V., UK) equipado con radiación Cu-K $\alpha$ ; sin filtro; voltaje de 45 kV; intensidad de 40 mA; rango de medición 2 $\theta$  de 3° a 60° y velocidad del goniómetro de 0.05° 2 $\theta$  s<sup>-1</sup>. Este difractómetro pertenece al Dpto. de Mineralogía y Petrología de la UGR. La interpretación de los difractogramas y semicuantificación de fases minerales se ha resuelto de forma automática mediante el empleo del software *XPowder* (MARTIN, 2004).

- **Microscopía óptica de luz polarizada (MOP):** Por medio de esta técnica se ha puesto de manifiesto la distribución mineralógica y textural de las láminas delgadas tomadas de dos de las muestras, empleando para ello un microscopio óptico de luz polarizada (Jenapol-V, Zeiss, Germany) equipado con una cámara digital Nikon D3100 del Dpto. de Mineralogía y Petrología.

Para llevar a cabo la caracterización de los materiales más representativos (TABLA I) en los ornamentos del Palacio de los Córdoba, se han seleccionado 5 muestras de 3 de las esculturas de material pétreo que conforman el conjunto escultórico del jardín.

TABLA I. Toma de muestras en esculturas del Palacio de los Córdoba			
Identificación de la muestra	Localización	Descripción	Análisis
<b>MJPC-1</b> Piedra natural (Mármol blanco)	Busto masculino 1	Fragmento desprendido del interior	DRX (Sólido) MOP
<b>MJPC-2</b> Piedra natural (Mármol blanco)	Busto masculino 1	A) Fragmento del interior B) Corrosión del perno de hierro	DRX: A (Sólido) & B (Sólido)
<b>MJPC-3</b> Mortero de yeso	Busto masculino 1	Resto de mortero de intervenciones anteriores	DRX (Polvo)
<b>MJPC-4</b> Piedra natural (Calcarenita)	Cesto de flores 1	A) Fragmento de costra superficial B) Capa de alteración	DRX: A (Sólido) & B (Polvo) MOP: A
<b>MJPC-5</b>	Jarrón 1	Restos de arenización de la base	DRX (Polvo)

## MUESTRA MJPC-1

La muestra estudiada es de unos  $1'5 \times 0'5$  cm y corresponde al Busto masculino 1, cuyo litotipo a priori parece ser mármol blanco. Este material conforma los dos bustos masculinos que se ubican en el jardín, y probablemente fue trabajado en Europa, siendo común la importación de elementos escultóricos de otros países desde la antigüedad. Para el análisis de esta muestra se han realizado varios estudios. Primeramente, una observación a visu para hacer una descripción macroscópica. Después, una DRX de la sección transversal tras haber cortado la muestra sólida para tomar una lámina delgada de la misma. Finalmente, se ha analizado la lámina delgada obtenida con el MOP.

Descripción macroscópica: La muestra es de un color blanco roto a gris claro, con una estructura homogénea de cristales de calcita que se pueden intuir por su brillo al moverla, textura cristalina y grano fino. No se aprecian fisuras, aunque la muestra procede de una parte desprendida por la abertura de una fisura en la escultura durante los terremotos. No se aprecia porosidad alguna.

Difracción de rayos X: Una vez aplicado el análisis a la sección transversal de la muestra, se ha identificado una única fase mineral de calcita (International Centre for Diffraction Data (ICDD) code: 72-1652). El patrón de difracción es característico del **mármol blanco** (Fig. 35), ya que se ha comparado este con otros estudios previos sobre este material procedente de diferentes canteras, llevados a cabo en el Dpto. de Mineralogía y Petrología (RODRÍGUEZ NAVARRO et al., 2004). La alta intensidad del pico a  $43.2^\circ 2\theta$  indica una cierta orientación preferencial de los cristales de calcita.

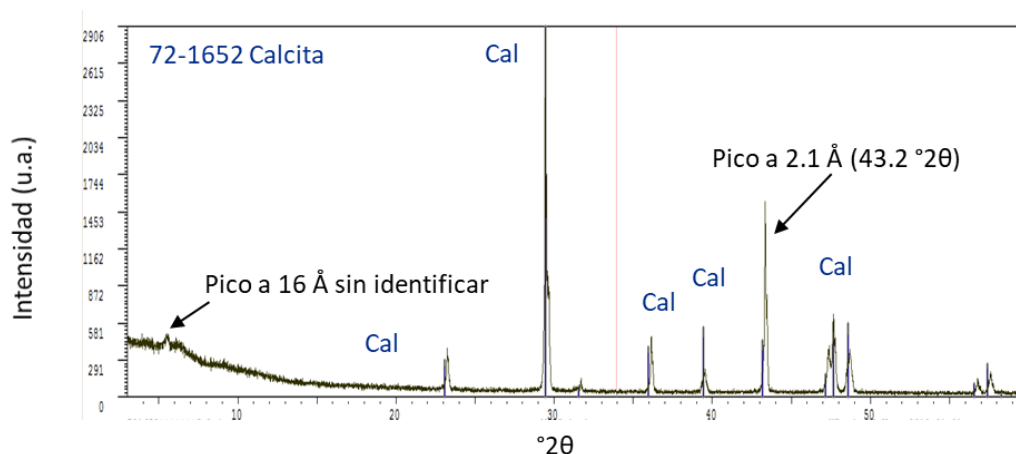


Fig. 35. Difractograma MJPC-1: mármol blanco

Microscopía óptica de luz polarizada: Las propiedades ópticas encontradas en los cristales de calcita que componen el mármol analizado en la lámina delgada con nicoles paralelos son que es incolora, xenomorfa y además presenta pleocroísmo de relieve en algunos bordes del mineral al girar la plátina (Figs. 36, 38, 40). El relieve de la lámina es variable y la exfoliación

romboédrica marcada. En cuanto a las propiedades ópticas observadas con nícoles cruzados (Figs. 37, 39, 41), el color de interferencia de la calcita es pálido, de alto orden ( $>3^{\text{er}}$  orden). Asimismo, posee maclas polisintéticas.

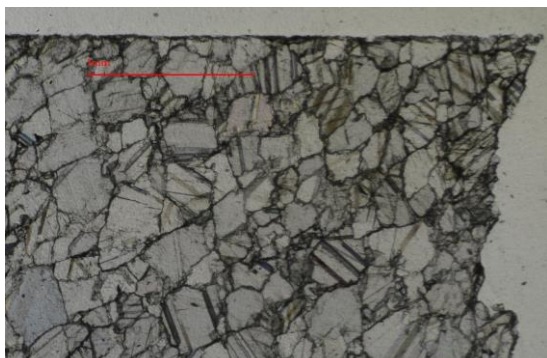


Fig. 36. Imagen OM de la muestra MJPC-1 de mármol blanco con un aumento 3'2× sin analizador

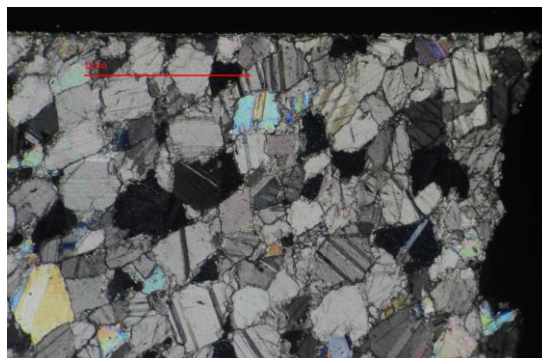


Fig. 37. Imagen OM de la muestra MJPC-1 de mármol blanco con un aumento 3'2× con analizador. En la imagen se puede apreciar la microgranulación entre los bordes de los granos de calcita.

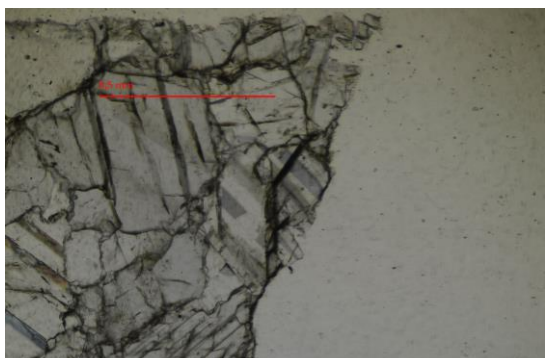


Fig. 38. Imagen OM de la muestra MJPC-1 de mármol blanco con un aumento 10× sin analizador

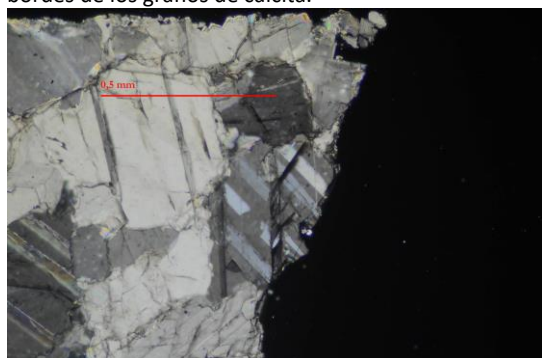


Fig. 39. Imagen OM de la muestra MJPC-1 de mármol blanco con un aumento 10× con analizador

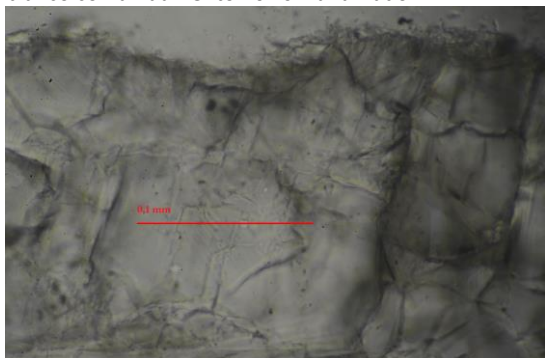


Fig. 40. Imagen OM de la muestra MJPC-1 de mármol blanco con un aumento 50× sin analizador

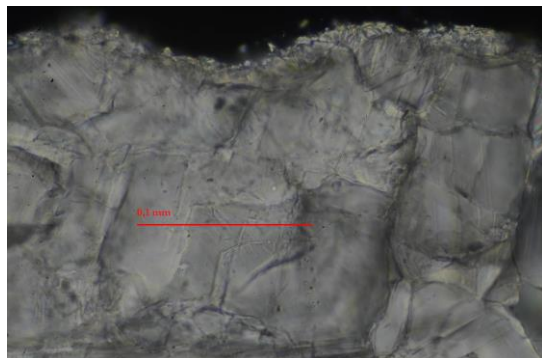


Fig. 41. Imagen OM de la muestra MJPC-1 de mármol blanco con un aumento 50× con analizador

Sus características texturales principales son un tamaño de grano fino y una porosidad nula (Fig. 42). Este tamaño de grano fino difiere del grano grueso con orientación preferencial muy pronunciada de Macael (Fig. 43), por lo que es poco probable que proceda de dicha cantera. El grado de deterioro es medio, con bordes de grano rugosos muy maclados por la deformación a baja temperatura y alta presión. En la zona de la superficie escultórica existe una cierta alteración en forma de depósito. No existen puntos triples, por lo que se descartaría Carrara como posible cantera de procedencia (Fig. 44). Para finalizar, entre granos parece haber una microgranulación, que puede recordar al mármol blanco de Estremoz (Fig. 45).



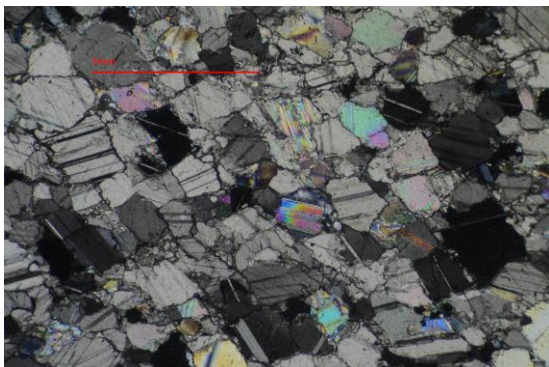


Fig. 42. Aumento 3'2× del mármol blanco de MJPC-1 con analizador

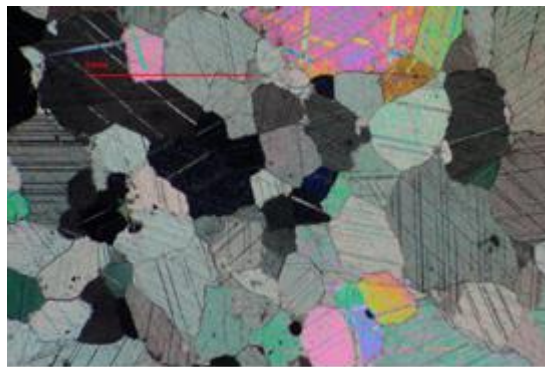


Fig. 43. Aumento 3'2× de una lámina delgada de mármol blanco de Macael con analizador

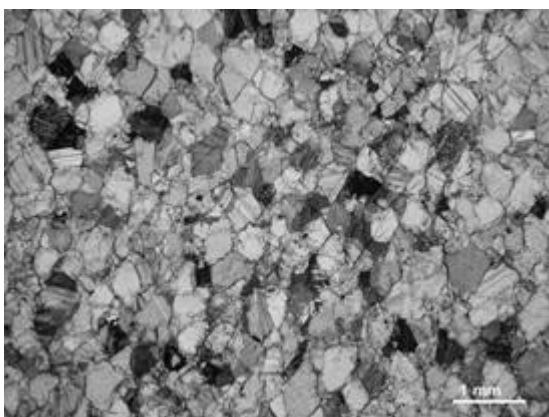


Fig. 44. Aumento 3'2× de una lámina delgada de mármol blanco de Carrara sin analizador (CALIA et al., 2006)

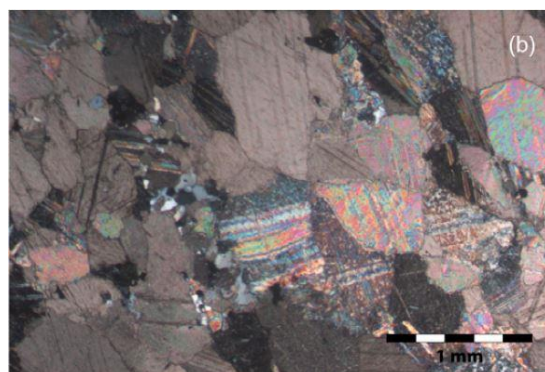


Fig. 45. Aumento 3'2× de una lámina delgada de mármol blanco de Estremoz con analizador (TAELMAN et al., 2013)

## MUESTRA MJPC-2

La muestra analizada es de unos 1 × 0'5 cm y corresponde al Busto masculino 1, cuyo litotipo ha sido identificado como mármol, el cual presenta productos de oxidación del hierro, fruto de haber estado en contacto con un perno metálico químicamente inestable. Para el análisis de esta muestra se han realizado tres estudios. Primeramente, una observación a visu para hacer una descripción macroscópica. Después, una DRX de la parte pétreo con manchas de oxidación de la muestra sólida (MJPC-2 A), seguidamente de otra DRX del fragmento de perno metálico sólido al que estaba unida (MJPC-2 B).

Descripción macroscópica: Se puede decir que la parte pétreo de la muestra es de un color gris claro, con motas rojizas derivadas de su contacto con el perno metálico, que es de color parduzco por su oxidación. Posee una estructura homogénea de cristales de calcita que se pueden intuir por su brillo al moverla, textura cristalina y grano fino. No se aprecian fisuras, aunque la muestra procede de una parte desprendida por la abertura de una fisura durante el terremoto.

Difracción de rayos X: El resultado obtenido para el mármol con productos de oxidación ha mostrado en el primer análisis de la superficie pétreo **MJPC-2 A** (Fig. 46) que la fase mineral principal es la calcita (ICDD code: 72-1214), variando el patrón de difracción con MJPC-1

disminuyendo la intensidad de los picos característicos del **mármol blanco**. Una vez aplicado el segundo análisis a la parte del perno **MJPC-2 B**, se ha identificado **Goethita** (oxihidróxido de hierro (III)) (ICDD code: 81-463) así como un alto contenido de fases amorfas que causan una joroba en la parte izquierda del difractograma (Fig. 47). A priori, puede ser posible que la actividad biológica de algunas bacterias reductoras del hierro<sup>8</sup> hubieran acelerado el proceso de alteración del perno de acero, ya que pueden eliminar capas protectoras pasivadoras exponiendo el metal al medio corrosivo (HERRERA et al, 2009).

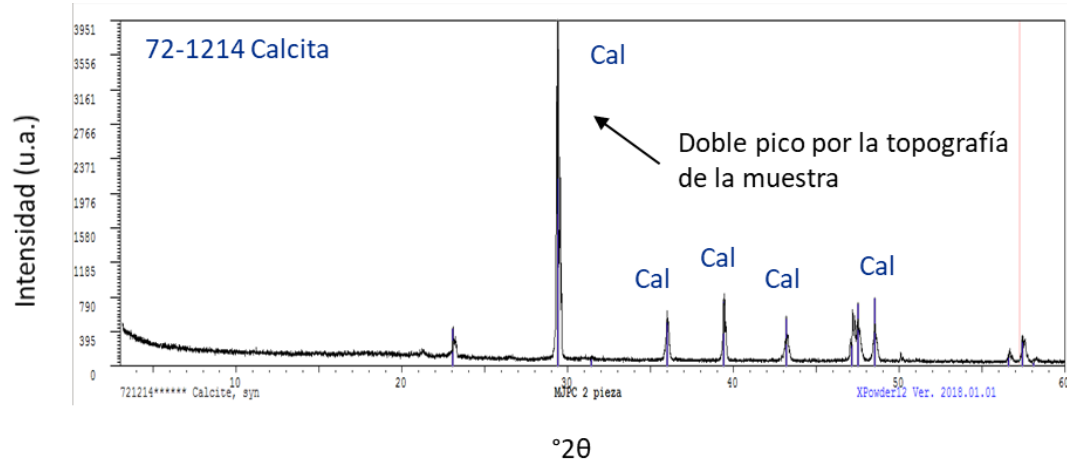


Fig. 46. Difractograma de MJPC- 2 A: Mármol Blanco

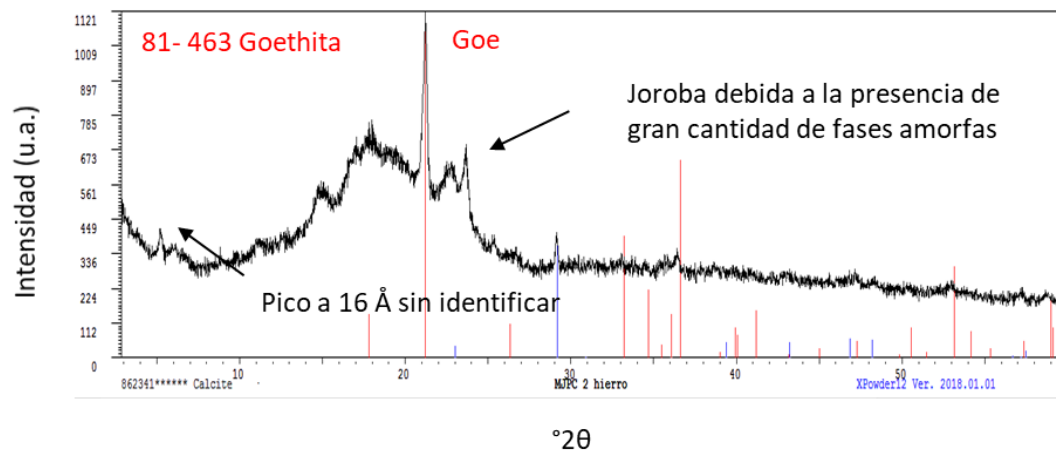


Fig. 47. Difractograma de MJPC- 2 B: Goethita y fases amorfas (productos de la oxidación del hierro)

<sup>8</sup> "(...) The environmental characteristics of the metal/biofilm/medium interface and its surroundings (pH, ionic composition, oxygen levels, EPS distribution) control the chemical and physical nature of protective layers and may change microbial effects on the metal behaviour from corrosive to protective." (HERRERA et al, 2009)

### MUESTRA MJPC-3

La muestra tomada es de unos  $3 \times 0,7$  cm y corresponde al mortero empleado en intervenciones anteriores sobre el Busto masculino 1. Para el análisis de esta muestra se han realizado dos estudios. Primeramente, una observación a visu para hacer una descripción macroscópica. Posteriormente, una parte de la misma se ha desmenuzado con ayuda de un mortero de ágata, aplicando sobre el polvo obtenido la DRX.

Descripción macroscópica: Se puede decir que el mortero es de color entre blanquecino y beige claro. Posee una estructura heterogénea y textura porosa.

Difracción de rayos X: El resultado obtenido para el mortero ha mostrado en el análisis que la fase mineral principal de la muestra es el **yeso** (ICDD code: 74-1905) y un pequeño contenido de calcita (ICDD code: 72-1652) (Fig. 48). El uso de este tipo de mortero sería incompatible con el mármol blanco del busto, puesto que sus características compositivas, texturales y de resistencia son diferentes y quizá hayan acelerado el deterioro favoreciendo la retención de humedad. Además, su uso en exteriores dificulta su correcta conservación debido a su grado de solubilidad con respecto del agua, por lo que hubiera sido preferible el uso de un mortero de cal hidráulica, que presenta la resistencia adecuada para este uso. Con el software X Powder se ha podido hacer una semicuantificación composicional del mortero usando las fases de referencia RIR, donde aparece un 95% de yeso y un 5% de calcita (Fig. 49).

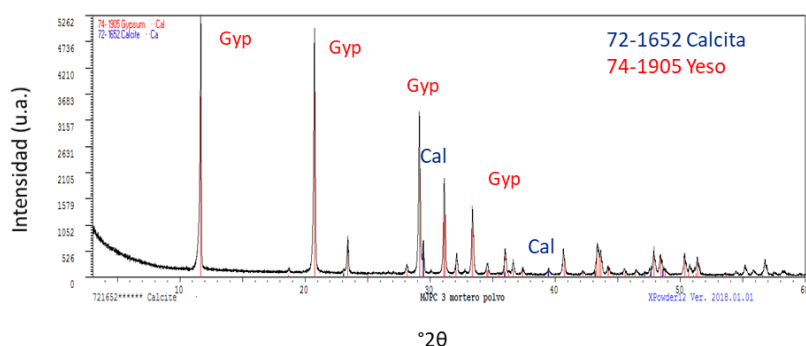


Fig. 48. Difractograma MJPC-3: Mortero de yeso

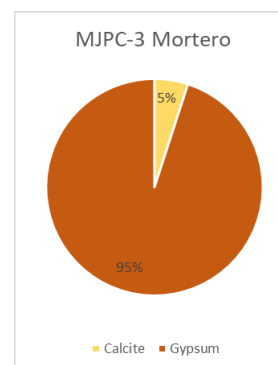


Fig. 49. Semicuantificación de MJPC-3

### MUESTRA MJPC-4

La muestra estudiada es de  $1,5 \times 0,3$  cm y corresponde a una descamación con concreciones terrosas de la base del Cesto de frutos 1, cuyo litotipo era confuso, puesto que parecía situarse entre una calcarenita o un compuesto a base de cemento. Asimismo, este material conforma los dos cestos que se ubican en el jardín, y probablemente sea el mismo empleado para realizar la pareja de leones y de jarrones ubicadas en la explanada de la fachada del palacio. Estas esculturas formaban parte del desaparecido Palacio de los Duques de Montellano de Madrid. Para el análisis de esta muestra se han realizado varios estudios. En primer lugar, una observación a visu para hacer una descripción macroscópica. Seguidamente,

una DRX de la muestra sólida MJPC-4 A, pasando a otra DRX con el método del polvo de la concreción terrosa adherida a la descamación MJPC-4 B en un porta-muestras de fondo cero. Finalmente, se ha analizado la lámina delgada obtenida de MJPC-4 A con el MOP.

Descripción macroscópica: Se puede decir que la muestra es de un color gris oscuro, con una estructura heterogénea de granos, textura porosa y grano muy fino. Se puede intuir una porosidad elevada.

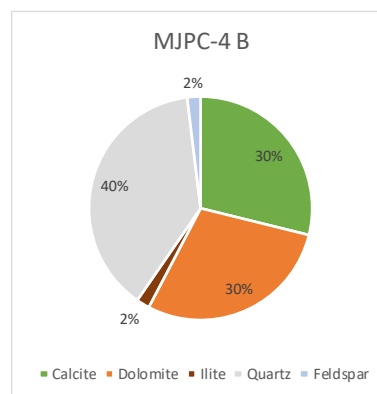


Fig. 52. Semicuantificación de MJPC-4 B

Difracción de rayos X: En el primer análisis de la muestra sólida de material pétreo (**MJPC-4 A**) (Fig. 50), el resultado obtenido ha sido que la fase mineral principal es la calcita (ICDD code: 72-1652) y una traza de cuarzo (ICDD code: 65-466), pudiendo ser este un indicativo de que estamos ante una **calcarenita**. Una vez aplicado el segundo análisis al polvo de la concreción (**MJPC-4 B**) (Fig. 51), se han identificado varias fases minerales, mayormente cuarzo (ICDD code: 65-466), calcita (ICDD code: 72-1652), pequeñas cantidades de feldespato potásico (ICDD code: 89-8574) y una traza de dolomita (ICDD code: 75-1758), lo cual podría ser producto del deterioro sufrido por la escultura fruto de los procesos de solución y recristalización de minerales. Con el software X Powder se ha podido hacer una semicuantificación composicional de MJPC4-B usando las fases de referencia RIR, donde aparece un 40% de cuarzo, 30% de calcita, 30% de dolomita y contenidos traza de feldespatos e ilita (Fig. 52).

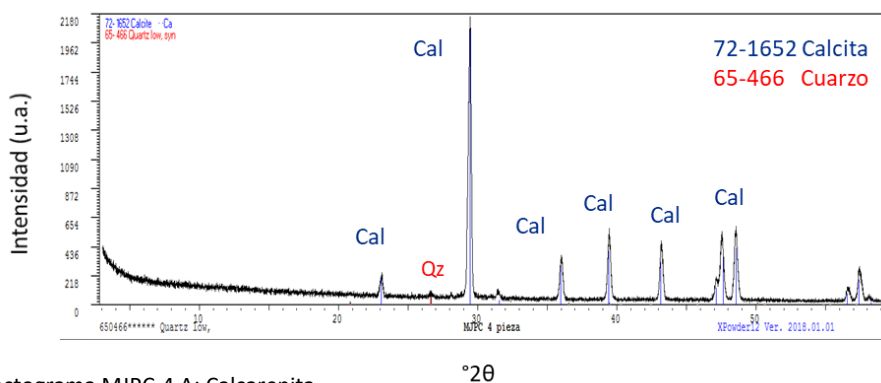


Fig. 50. Difractograma MJPC-4 A: Calcarenita

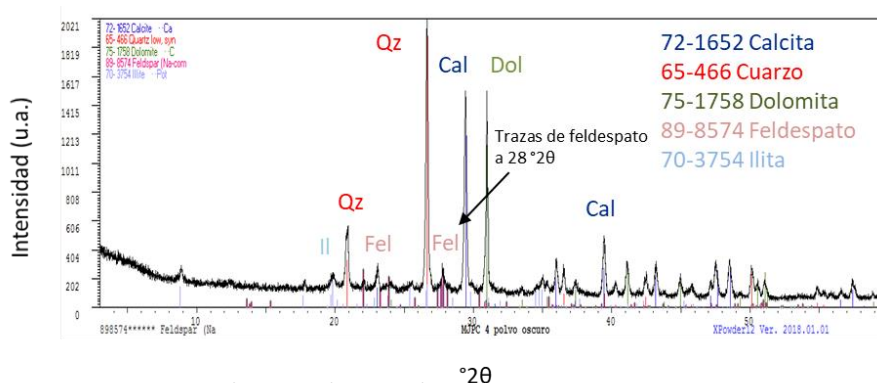


Fig. 51. Difractograma MJPC-4 B: Calcarenita deteriorada



Microscopía óptica de luz polarizada: Las propiedades ópticas encontradas en la matriz de carbonatos que componen la calcarenita analizada en la lámina delgada son que posee un color grisáceo, pudiéndose distinguir fósiles de algas rojas en la lámina debido a la estructura ordenada de microorganismo, cemento esparítico (brillante) y micrita (carbonatos de color oscuro).

En cuanto a la textura y porosidad encontradas, el tamaño de grano no es visible, ya que la matriz de carbonatos es micrítica y presenta una porosidad muy elevada (Figs. 53-58). El grado de deterioro es alto, debido a la aparición de poros intergranulares fracturados, cristales de microesparita en los bordes fruto de la disolución material y posterior precipitación, así como una costra de alteración posiblemente constituida por depósitos de contaminación, oxalato cálcico de color amarillento oscuro y algo de yeso.

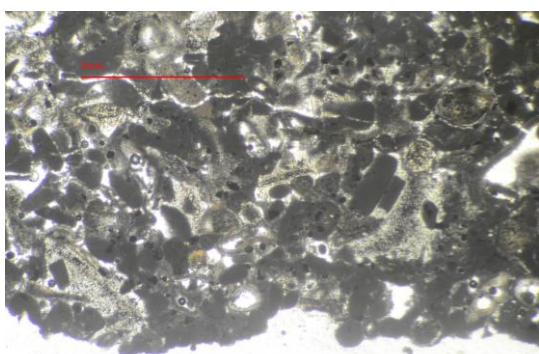


Fig. 53. Imagen OM de la muestra MJPC-4 A de calcarenita con un aumento 3'2× sin analizador

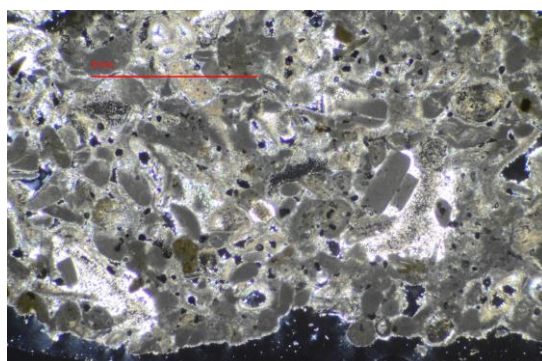


Fig. 54. Imagen OM de la muestra MJPC-4 A de calcarenita con un aumento 3'2× con analizador

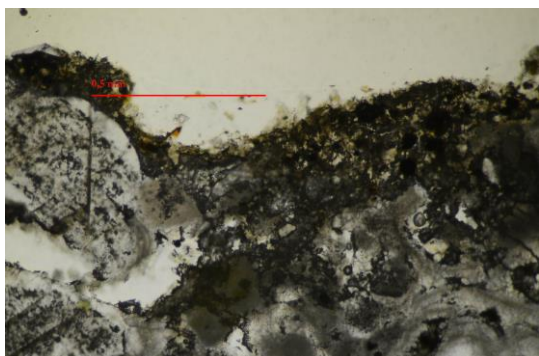


Fig. 55. Imagen OM de la muestra MJPC-4 A de calcarenita con un aumento 10× sin analizador

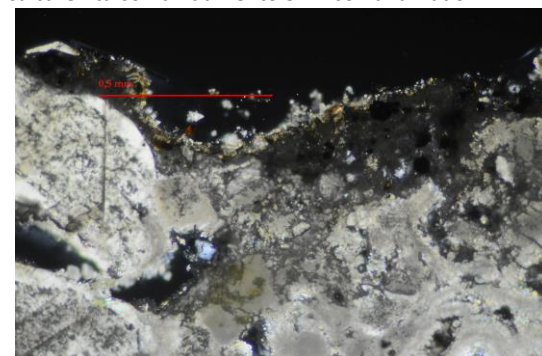


Fig. 56. Imagen OM de la muestra MJPC-4 A de calcarenita con un aumento 10× con analizador

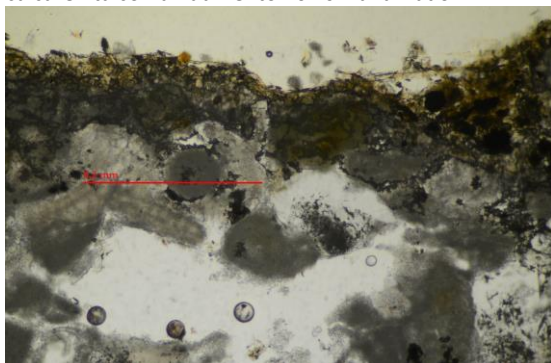


Fig. 57. Imagen OM de la muestra MJPC-4 A de calcarenita con un aumento 20× sin analizador

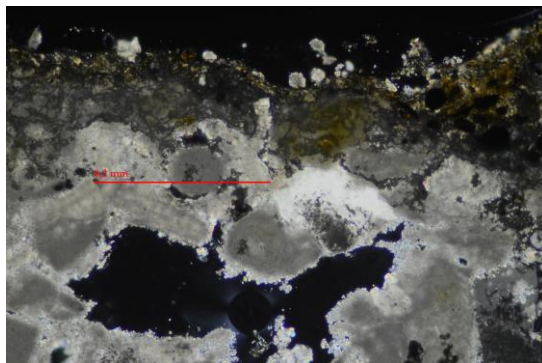


Fig. 58. Imagen OM de la muestra MJPC-4 A de calcarenita con un aumento 20× con analizador

## MUESTRA MJPC-5

La muestra tomada se trata de polvo procedente de la base erosionada del Jarrón 1 y corresponde a un litotipo de caliza o calcarenita, probablemente similar a la empleada en las esculturas que proceden del desaparecido Palacio de los Duques de Montellano. Para el análisis de esta muestra se han realizado dos estudios, a pesar de la poca cantidad de la que se disponía. En primer lugar, se ha hecho una observación a visu para hacer una descripción macroscópica. Posteriormente, los granos se han desmenuzado con ayuda de un mortero de ágata, guardando el polvo resultante en un tubo Eppendorf para poder colocarlo fácilmente sobre el porta-muestras de fondo cero (cristal de silicio), aplicando sobre el polvo desorientado la DRX.

Descripción macroscópica: El polvo es de color beige claro. Posee una distribución de grano heterogénea.

Difracción de rayos X: El resultado obtenido para MJPC-5 (Fig. 59), ha mostrado que la fase mineral principal es el cuarzo (ICDD code: 65-466), seguida de la calcita (ICDD code: 86-2334), ortoclase (ICDD code: 83-1324) y Albite (9-466). Parecería razonable que se emplearan litotipos diferentes para realizar los jarrones y cestos de flores que procedían del Palacio de los Duques de Montellano, puesto que difieren bastante sus difractogramas, por lo que sería necesario emplear además otros métodos de estudio como el OM para poder establecer una respuesta más clara sobre este litotipo de cara a estudios o intervenciones posteriores.

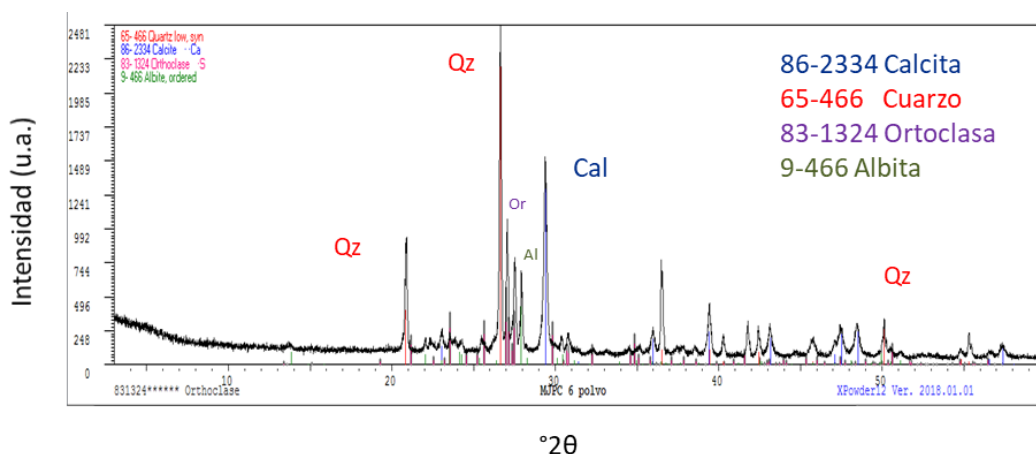


Fig. 59. Difractograma de MJPC- 5: no determinado

## 5. PROPUESTA DE PROCESOS DE CONSERVACIÓN CURATIVA

Tal y como se ha comentado en la descripción metodológica, la propuesta de procesos de intervención está encaminada a la conservación curativa (ICOM-CC, 2008), que tiene como objeto parar las alteraciones dañinas de los objetos de forma activa, priorizando la recuperación de la estabilidad matériera de las piezas. Para ello, se han individualizado los tratamientos dependiendo de la tipología material y funcionalidad a la que se ven sometidas las piezas, así como a los diversos indicadores de deterioro y riesgos que padecen.

### A. LIMPIEZA

La limpieza es un proceso que debe realizarse de forma controlada, selectiva y gradual debido a la irreversibilidad de la misma (PEREZ CHIVITE, 2020). Las técnicas de limpieza sobre ornamentos pétreos presentan tanto ventajas como inconvenientes, así como unos parámetros de aplicación que deben estar bajo control. A pesar de que los métodos estudiados sean selectivos y graduables, la complejidad de las variables de aplicación hace que estos no estén libres de efectos secundarios (ZALBIDEA et al., 2016).

**A1. Limpieza físico-mecánica:** Esta primera limpieza comprende una serie de tratamientos que abarcan las operaciones en seco y las actuaciones erosivas. Por operaciones en seco entendemos aquellas previas o posteriores a tratamientos de limpieza en húmedo, que necesitan de una acción erosiva para poder llevarse a cabo (JEREZ GÓMEZ, 2020). La tipología de instrumental que puede ser empleado abarca medios mecánicos, sistemas eléctrico-motorizados y sistemas fotónicos de limpieza (ROIG et al., 2017). En el caso que nos ocupa, se propone una primera limpieza superficial de los depósitos de suciedad de diferente naturaleza mediante uso de instrumental quirúrgico, así como de un barrido de brochas y pinceles acompañado con un aspirado controlado.

**A2. Limpieza físico-química:** Posteriormente a la limpieza en seco, el propósito de la limpieza en húmedo es el del empleo de productos químicos solubles en agua que reaccionan con los compuestos de depósitos y costras de diversa naturaleza, permitiendo su eliminación. El agua es el disolvente universal más usado, desempeñando un papel esencial en los procesos ácido-base, no solo como medio en el que se producen dichos procesos, sino porque actúa como ácido o como base frente a ácidos y bases más fuertes que ella (DOMÉNECH, 2013). En este caso, se realizarían diversas catas de limpieza con soluciones tampón de ácidos o bases débiles para seleccionar el método y la forma de aplicación más adecuada (NICOLA et al., 2006), evitando así el uso de ácidos o bases fuertes que además de incompatibles con el sustrato pétreo pueden ocasionar la hidrólisis de los materiales llegando a disgregarlos. Una vez aplicado el tratamiento, se pasaría a una posterior neutralización, garantizando así la inocuidad para los materiales originales (JEREZ GÓMEZ, 2020) y respetando la pátina natural protectora compuesta por oxalatos generados a base de productos metabólicos de bacterias, hongos o algas que ayudan a su conservación (BURGOS-CARA et al., 2017).

## **B. DESALACIÓN Y EXTRACCIÓN DE SALES**

Primeramente, se eliminarían las posibles sales solubles mediante diversas pruebas realizadas mediante apósitos de papel japonés con pasta de celulosa o sepiolita y agua desmineralizada, controlando el tiempo de secado y comprobando la extracción de las mismas con tiras reactivas por tinción o con un conductivímetro (JEREZ GÓMEZ, 2020), capaces ambas herramientas de medir la concentración iónica. En caso de que estas pruebas resulten efectivas, se continuaría con el proceso hasta que la medición de la concentración iónica fuese disminuyendo hasta alcanzar la estabilidad.

## **C. DESINFECCIÓN MICROBIOLÓGICA**

Por un lado, en el caso de las esculturas pétreas de los Córdovas se podría usar un biocida compuesto por sales de amonio cuaternario como el Biotin T® (CTS®) al 5% en agua o disolventes orgánicos neutros aplicado por impregnación o apósitos de pasta de celulosa y papel japonés. Este agente biocida ha ofrecido buenos resultados en su uso sobre mármol blanco de Macael (TIENZA DURÁN et al., 2011), por lo cual su uso parecería compatible en las piezas de mármol blanco, calcarenita y cerámica.

Por otra parte, como alternativa se puede proponer el uso de agua de cal por impregnación para obtener el efecto biocida buscado, puesto que además de ser totalmente compatible con el sustrato pétreo, su pH básico contribuiría a eliminar la parte deteriorante activa del biofilm. Además, se obtendría un efecto consolidante que beneficiaría a las piezas. No obstante, su uso puede dañar la parte protectora del biofilm relativa a bacterias y oxalatos que se pueden encontrar en la pátina natural de los ornamentos pétreos.

## **D. CONSOLIDACIÓN**

Este proceso se realizaría una vez la superficie a tratar estuviera limpia, y vendría a mejorar la cohesión de las partes degradadas del material pétreo mejorando sus propiedades mecánicas (MAS I BARBERÀ, 2010). Es necesario efectuar pruebas antes de su aplicación para que los hipotéticos cambios cromáticos sean los mínimos.

**D1. Fijación:** La preconsolidación de levantamientos superficiales desadheridos en materiales pétreos de naturaleza carbonática se basaría en un engasado puntual de las partes afectadas con el uso de nanocales o silicato de litio en varias aplicaciones. En el caso de la fuente cerámica se podría utilizar una nanosílice o silicato de etilo en baja proporción para poder garantizar una consolidación superficial. Asimismo, existen una serie de morteros hidráulicos líquidos compatibles que han garantizado la re-cohesión de materiales pétreos delaminados que podrían ser usados (DAI et al., 2010).

**D2. Consolidación estructural:** El problema de unir las partes fracturadas en las esculturas pétreas y cerámicas se solventaría mediante pegados con resinas epoxídicas que ofrezcan una buena resistencia a la intemperie y de forma controlada mediante cosidos internos con barras de fibra de vidrio, pletinas y pernos de acero inoxidable para asegurar el correcto anclaje de las mismas (TIENZA DURÁN, 2017), como es el caso del Busto Masculino 1

o de la Fuente del Tritón. La resina epoxídica seleccionada podría ser una Epo 150® (CTS®) bicomponente. En caso de encontrarnos con una superficie pulverulenta en materiales pétreos carbonáticos, se aplicarán consolidantes líquidos por impregnación, a base de nanocalces o silicatos de litio (WHEELER, 2005). Sin embargo, para la fuente de Tritón (cerámica) se usaría silicato de etilo, controlando el proceso para evitar la aparición de manchas de humedad o pasmados (PEREZ CHIVITE, 2020).

#### ***E. REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y CROMÁTICA***

En las esculturas de material pétreo se optaría por el uso de morteros de cal aérea artesanal en pasta con árido de macael (marmolina) en el caso de los bustos de mármol blanco (TIENZA DURÁN et al., 2011), y árido de sílice lavada con adiciones de pigmentos minerales en el caso de los cestos de calcarenita. Para ello, en cualquier caso, se realizarían diferentes pruebas en forma de probetas para poder establecer cuál sería la proporción aglomerante/árido más adecuada, así como el tipo de granulometría requerida para el árido.

Por otro lado, en el caso de la fuente de Tritón del Carmen de los Mártires la reintegración se realizaría con morteros de cal hidráulica como aglomerante y con dos posibles opciones como árido. Por una parte, usar tierra de formación Alhambra como árido facilita el entonado cromático del mortero con el de la escultura (TIENZA DURÁN, 2017), pero cabe la posibilidad de que las arcillas expansivas que contienen los sustratos de este conglomerado puedan expandirse con la humedad, debilitando la resistencia mecánica del mismo. Por otra parte, se podría usar para elaborar el mortero de reintegración un árido de sílice mezclado con pigmentos inorgánicos como aditivos, que serían compatibles con los materiales originales y mejorarían su durabilidad al carecer de arcillas expansivas. Por último, destacar que el criterio de diferenciación de los añadidos prevalecerá para evitar incurrir en falsos históricos (BRANDI, 1977).

#### ***F. PROTECCIÓN FINAL***

La protección final de las esculturas al encontrarse a la intemperie y verse sometidas a la acción directa del agua podría consistir en el uso de un hidrofugante que permitiese la natural higroscopicidad del material pétreo pero que a la vez repeliera la entrada de agua en estado líquido. Debe valorarse su aplicación o no de forma objetiva ya que a veces su uso en patrimonio ha provocado el deterioro de los materiales pétreos por la excesiva eliminación de permeabilidad en estos. Cabe recordar que no se debe alterar la estética de las esculturas, puesto que sus acabados son mates y no se deben causar brillos. En el caso de las esculturas del jardín del Palacio de los Córdovas, la hidrofugación podría ser opcional, y en caso de llevarla a cabo, el producto usado deberá tener en cuenta el tipo de consolidante que se ha empleado previamente para garantizar su buena compatibilidad química y respeto por los materiales originales. En la fuente de Tritón, al verse sometida a la acción continua del agua, una buena opción de hidrofugación empleada en intervenciones anteriores sobre cerámicas de la misma tipología que las del jardín francés del Carmen de los Mártires sería el uso de un hidrofugante a base de organosiloxanos como el Silo 111® (CTS®) disuelto al 20% en alcohol etílico, que es compatible con el consolidante de silicato de etilo (TIENZA DURÁN, 2017).

## 6. PROPUESTA DE PAUTAS CONSERVACIÓN PREVENTIVA EN LOS JARDINES HISTÓRICOS GRANADINOS

Una vez estudiados los indicadores del deterioro y efectuadas las intervenciones de conservación curativa, sería necesario identificar de forma concreta los riesgos principales y tratarlos para minimizar su efecto, garantizando la conservación futura de las esculturas y ornamentos de los jardines.

En la elaboración de la propuesta de pautas para la elaboración de un futuro protocolo o Plan de Conservación Preventiva en los jardines del Palacio de los Córdovas y del Carmen de los Mártires, se han analizado los principales riesgos a los que se ven sometidos, documentando para ello su origen, los posibles efectos, el porcentaje de los bienes culturales afectados, una valoración<sup>9</sup> de estos riesgos según la TABLA II (DURÁN ROMERO et al., 2021), los posibles tratamientos para solventarlos y la viabilidad de los mismos, que puede ser a corto, medio o largo plazo dependiendo de la dificultad de su aplicación o del presupuesto que requieran. Hay que resaltar que la mayor parte de las medidas propuestas son sencillas y económicas para aplicar si se siguen los protocolos establecidos. Se han identificado 3 riesgos principales que están afectando actualmente a las esculturas de los jardines antes de su intervención y que deberían de ser mitigados durante y posteriormente a ella. Estos son:

- Daños físicos por presión de uso
- Mala gestión de la plantación y regadío
- Mala gestión de las condiciones medioambientales y de los desastres naturales

TABLA II. Tabla para la valoración de los riesgos de deterioro				
Probabilidad del deterioro	Gravedad del deterioro			
		Leve	Grave	Muy grave
	Baja	1	2	3
	Media	2	3	4
	Alta	3	4	5

A continuación, se proponen algunas pautas básicas a través de los datos ya recopilados<sup>10</sup> (TABLA III), que podrían y deberían de ser ampliadas una vez se actúe in situ en las esculturas de estos espacios.

<sup>9</sup> La valoración de los riesgos de deterioro es una escala del 1 (poca importancia) al 5 (muchísima importancia), que toma en cuenta la probabilidad del deterioro, que puede ser baja, media o alta, y la gravedad del mismo, que puede ser leve, grave o muy grave. (DURÁN ROMERO et al., 2021)

<sup>10</sup> La tabla que se presenta nace de la combinación entre las normas UNE-ISO 31000: 2018. y UNE-EN 15898: 2012. (Gestión de Riesgos y Conservación del Patrimonio Cultural respectivamente).

TABLA III. Identificación y posible tratamiento de los riesgos						
Riesgo	Origen	Efecto	Objetos de los jardines afectados (%)	Valoración de los riesgos de deterioro  1 - 5	Tratamiento	Viabilidad
<b>Daños físicos por la presión de uso</b>	Presión del uso de los jardines como espacios para eventos privados: conciertos, bodas, catering, etc.	Abrasión; manchas; uso inadecuado de esculturas con otros fines (ej.: soportes de apoyo o plataformas).	80% de las piezas del Carmen  40% de las piezas de los Córdovas	<b>3</b> Prioridad media  Probabilidad media/Deterioro grave	1) Control de aforo 2) Estudio de impacto riguroso 3) Reubicación de los eventos 4) Difusión del riesgo a las empresas externas que usen estos espacios 5) Revertir parte de los ingresos que genera su uso en su propia conservación	1) Corto plazo/ 2) Medio o largo plazo/ 3) Corto plazo/ 4) Corto plazo/  5) Medio o largo plazo
<b>Mala gestión de la plantación y del regadío</b>	Plantación de especies descontextualizadas; descontrol de las especies existentes; posible uso de abonos poco adecuados; regadío poco controlado o uso de sistemas anticuados.	Condiciones ambientales inadecuadas; aporte de excesiva humedad a las esculturas; sustrato para la proliferación de biodeterioro; deterioro acelerado de morteros de restauración.	90% de las piezas del Carmen  60% de las piezas de los Córdovas	<b>4</b> Prioridad alta  Probabilidad alta/Deterioro grave	1) Coordinación de personal con pautas de conservación preventiva 2) Plantar especies compatibles con el lugar histórico 3) Controlar especies preexistentes 4) Focalizar el riego 5) Control del riego mediante instalación de sistema por goteo	1) Corto plazo/  2) Corto plazo/ 3) Corto plazo/ 4) Corto plazo/ 5) Medio plazo
<b>Mala gestión de las condiciones medioambientales y de los desastres naturales</b>	Ausencia de un plan de mantenimiento adaptado a las necesidades de cada estación; trabas burocráticas a la hora de intervenir de urgencia en bienes históricos.	Descontrol de las medidas de conservación con el aumento de posibles riesgos derivados; peligro para los usuarios y los espacios históricos.	100% de los bienes culturales de ambos jardines	<b>4</b> Prioridad alta  Probabilidad media/Deterioro muy Grave	1) Adaptación y entrenamiento del personal a las necesidades de cada espacio según la climatología de cada estación. 2) Uso de productos compatibles con el entorno en las labores de limpieza y control de plagas 3) Nuevas estrategias burocráticas para la gestión de situaciones de emergencia 4) Creación de un protocolo de mantenimiento de estos BIC con inspecciones periódicas y supervisión de intervenciones	1) Corto plazo/  2) Medio plazo/  3) Medio-largo plazo/  4) Largo plazo



## 7. CONCLUSIÓN

Por una parte, la revisión bibliográfica de procesos de intervención para la conservación curativa de ornamentos pétreos y cerámicos en jardines históricos ha supuesto un reto, ya que no existen muchos estudios dedicados a este tema concreto en comparación con los que hay sobre otros tipos de bienes culturales como los que se ubican dentro de iglesias, palacios o museos.

Por otro lado, la determinación de las alteraciones y problemas de conservación de los materiales pétreos y cerámicos expuestos al aire libre se hace necesaria para poder poner en evidencia el abandono que en numerosas ocasiones sufren. Los mecanismos de deterioro que se encuentran en los jardines difieren de los de otro tipo de entornos y en su mayoría son de tipo biológico, lo que dificulta aún más si cabe su óptima conservación al no poder tener un control absoluto de sus condiciones medioambientales.

Con la caracterización material, se han podido identificar los materiales que componen las esculturas del Palacio de los Córdovas, puesto que de estas no existían estudios previos al contrario que en el caso del Carmen de los Mártires. Los resultados obtenidos han podido dilucidar que se usó mármol blanco en el caso de los bustos masculinos, morteros de yeso en la restauración del Busto 1 y calcarenita en los cestos de flores. Asimismo, algunos productos del deterioro que presentan estos materiales fueron reconocidos. Pese a ello, no fue posible identificar de manera unívoca la procedencia de la cantera de los materiales o la composición del jarrón 1 analizado. Gracias a estos estudios previos, se han seleccionado aquellos tratamientos de conservación activa que garantizarían la fiabilidad de la intervención. No existe el tratamiento perfecto y se debe focalizar muy bien el uso de determinados productos dependiendo de su compatibilidad y necesidad, priorizando la mínima intervención y el máximo respeto posible. Es por esto que la propuesta de procesos es flexible y permitiría las modificaciones pertinentes si así se requiere durante su ejecución.

De igual modo, la propuesta de pautas de conservación preventiva no viene sólo a proponer un protocolo de mantenimiento de los bienes muebles asociados a los jardines históricos una vez realizadas las intervenciones necesarias, sino que también aborda de forma coherente su convivencia con el espacio ajardinado que les rodea, puesto que debe de prevalecer un equilibrio entre usos de los jardines, presencia de plantas y seres vivos, así como la conservación de los bienes culturales. La aplicación de estas medidas permitiría frenar en gran medida los procesos de deterioro que sufren las esculturas.



## CONCLUSION

On the one hand, the bibliographical review of intervention processes for the curative conservation of stone and ceramic ornaments in historic gardens has been a challenge, as there are not many studies dedicated to this specific topic in comparison to other studies of cultural assets such as those located inside churches, palaces or museums.

On the other hand, it is necessary to determine the alterations and conservation problems of stone and ceramic materials exposed outdoors in order to highlight the abandonment that they often suffer. The deterioration mechanisms found in gardens differ from those found in other types of environments and are mostly of a biological nature, which makes their optimal conservation even more difficult as it is not possible to have absolute control over their environmental conditions.

With the material characterisation, it has been possible to identify the materials that compose the sculptures of the Palacio de los Córdovas, as there were no previous studies of these, unlike in the case of the Carmen de los Mártires. The results obtained have shown that white marble was used in the case of the male busts, plaster mortar in the restoration of Bust 1, and calcarenite in the flower baskets. Some deterioration products have been identified as well. However, it was not possible to unequivocally identify the quarry origin of the materials or the composition of the vase 1 analysed. Thanks to these preliminary studies, the active conservation treatments that would guarantee the efficacy of the intervention were selected. There is no such thing as a perfect treatment and the use of certain products must be considered very carefully depending on their compatibility and necessity, following the premises of the minimum intervention. Consequently, the intervention proposal is flexible and would allow for modifications if required during its execution.

Similarly, the proposal for preventive conservation guidelines not only includes the maintenance protocol of the movable assets associated with the historic gardens once the necessary interventions have been carried out, but also addresses in a coherent manner their coexistence with the surrounding landscaped space, since a balance between uses of the gardens, presence of plants and living beings, as well as the conservation of the cultural assets must prevail. The application of these measures would make it possible to slow down the deterioration processes suffered by the sculptures to a large extent.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ayuntamiento de Granada, 2018. *Conservación de los elementos escultóricos del Jardín Francés del Carmen de los Mártires*. Revista de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (PARJAP) nº 89, pp. 10-19 [En línea] [Fecha de consulta: 26/04/2021] Disponible en: <https://www.aepjp.es/wp-content/uploads/2019/07/Parjap-revista-89.pdf>
- BELVER GARCÍA, M. M.; 2014. *Un monumento descontextualizado. Derribo, traslado y reconstrucción del Palacio de los Córdoba de Granada (1919-1984)*. Granada. [Trabajo final de grado]. Universidad de Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 26/04/2021] Disponible en: <https://grados.ugr.es/artes/pages/acredita/tfgsob/>
- BOSCH ROIG, L.; BALLESTER BORDES, M. J.; ROIG PICAZO, P.; BOSCH REIG, I.; 2008. *Restauración de los materiales pétreos de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia*. Arché 3, 233-242 [En línea] [Fecha de consulta: 26/03/2021] Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/31849>
- BOSCH ROIG, P.; 2011. *Caracterización del biodeterioro y desarrollo de nuevos tratamientos de limpieza aplicables a los frescos restaurados de Antonio Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia* [Tesis doctoral]. Editorial Universitat Politècnica de València. [En línea] [Fecha de consulta: 26/03/2021] Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/9920>
- BOSCH ROIG, P.; REGIDOR ROS, J. L.; SORIANO-SANCHO, P.; DOMÉNECH-CARBÓ, M.T.; MONTES ESTELLÉS, R.M.; 2010. *Ensayos de Biolimpieza en Pinturas Murales*. Arché 4-5, 115-122 [En línea] [Fecha de consulta: 26/03/2021] Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30704/2010\\_04-05\\_117\\_124.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30704/2010_04-05_117_124.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- BRANDI, C.; 1977. *Teoria del restauro*, Torino (Turín), Giulio Einaudi Editore. Traducido del italiano al castellano por María Ángeles Toajas Roger, Teoría de la restauración, Madrid, Alianza Forma. 1992.
- BURGOS-CARA, A.; PUTNIS, C.V.; ORTEGA-HUERTAS, M.; RUIZ-AGUDO, E.; 2017. *Influence of pH and citrate on the formation of oxalate layers on calcite revealed by in situ nanoscale imaging*. The Royal Society of Chemistry, CrystEngComm 19 (2017): 3420-3429 [En línea] [Fecha de consulta: 25/06/2021] Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ce/c7ce00305f>

- CALIA, A.; GIANNOTTA, M.T.; QUARTA, G.; 2006. *A Contribution to the Study of re-used Architectural Marbles in Troia Cathedral (Foggia Province, Southern Italy): Identification and Determination of Provenance*. Collection L'Atelier Méditerranéen, Maisonneuve & Larose, Maison méditerranéenne des sciences de l'homme, Paris 2009, pp.739-758 [En línea] [Fecha de consulta: 02/07/2021] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/311273487\\_A\\_contribution\\_to\\_the\\_study\\_of\\_re-used\\_architectural\\_marbles\\_in\\_Troia\\_Cathedral\\_Foggia\\_province\\_Southern\\_Italy\\_identification\\_and\\_determination\\_of\\_provenance/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/311273487_A_contribution_to_the_study_of_re-used_architectural_marbles_in_Troia_Cathedral_Foggia_province_Southern_Italy_identification_and_determination_of_provenance/figures?lo=1)
- CARDELL FERNANDEZ, C.; 2003. *Cristalización de Sales en Calcarenitas: Aplicación al Monasterio de San Jerónimo de Granada*. Granada [Tesis doctoral]. Universidad de Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 26/06/2021] Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/26083>
- CASARES PORCEL, M.; TITO ROJOS, J.; 2016. *El jardín botánico de la Universidad de Granada*. Editorial Universidad de Granada, Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/56563>
- CASARES PORCEL, M.; 2017. *El jardín y el tiempo, tipologías de intervención a través de casos prácticos*. Arte, historia y cultura. Nuevas aproximaciones al conocimiento del paisaje. Universidad Autónoma Metropolitana de Ciudad de México, pp. 111-138. [En línea] [Fecha de consulta: 05/05/2021] Disponible en: [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6899/Arte\\_historia\\_y\\_cultura\\_Martinez%20Sanchez\\_F\\_2017.pdf?sequence=3#page=93](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6899/Arte_historia_y_cultura_Martinez%20Sanchez_F_2017.pdf?sequence=3#page=93)
- CREMONESI, P.; 2008. *Modificar las propiedades y la acción del agua y de los disolventes orgánicos, incrementando su viscosidad gracias a los gelificantes*. Grupo español IIC. [En línea] [Fecha de consulta: 29/03/2021] Disponible en: [www.ge-iic.com/files/Cursos/Cremonesi\\_Ponencia.pdf](http://www.ge-iic.com/files/Cursos/Cremonesi_Ponencia.pdf)
- CREMONESI, P.; 2014. *El ambiente acuoso para el tratamiento de obras policromas*. Editorial Il Prato. Saonara (Padova, Italia).
- CREMONESI, P.; 2016. *Un approccio alla pulitura dei dipinti mobili*. Editorial Il Prato. Saonara (Padova, Italia).
- CRUZ CABRERA, J.P.; 2015. *Compendio de Iconografía*. Editorial Fleming, Granada.
- CTS. 2018. Catálogo general 2018.
- DAI, S.; WANG, J.; HU, Y.; ZHANG, D.; 2010. *Lime-based materials and practices for surface refitting of cultural heritage*. Advanced Materials Research, Volume 133- 134, pp. 1241-1246. [En línea] [Fecha de consulta: 08/07/2021] Disponible en: <https://www.scientific.net/AMR.133-134.1241>

- DEL ORDI CASTILLA, B.; REGIDOR ROS, J.L.; PASÍES OVIEDO, T.; 2010. *Revisión de tratamientos de limpieza de pintura mural arqueológica. Eliminación de concreciones carbonáticas*. Arché. Núm. 4 y 5: 73-80. Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, València. [En línea] [Fecha de consulta: 29/03/2021] Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/30525>
  
- DOMÉNECH CARBÓ, M.T.; 2013. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*. Editorial Universitat Politècnica de València, Valencia.
  
- DURÁN ROMERO, D.; HERRÁEZ FERREIRO, J.A.; 2021. *Guía para la elaboración e implantación de planes de Conservación Preventiva*. Curso online del IPCE, II Edición, 4-31 de mayo de 2021, Instituto del Patrimonio Cultural de España.
  
- ELERT, K. et al. 2021. *“Difracción de Rayos X (DRX). Análisis cualitativo y cuantitativo aplicado a los materiales del Patrimonio Histórico”* Proyecto de Innovación y Buenas Prácticas Docentes Básicos 2020-2021 del Máster en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico de la Universidad de Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 30/04/2021] Disponible en: <https://wpd.ugr.es/~drxcitpa/>
  
- GALLEGO Y BURÍN, A.; 1996. *Granada. Guía Artística e Histórica de la Ciudad*. Editorial Comares, Granada.
  
- GÓMEZ MORENO, M.; 1998. *Guía de Granada*. Tomo I. 2ª ed., Instituto Gómez Moreno de la Fundación Rodríguez-Acosta, Granada.
  
- HERRERA, L.K.; VIDELA, H.A.; 2009. *Role of iron-reducing bacteria in corrosion and protection of carbon Steel*. International Biodeterioration & Biodegradation, 63, pp. 891-895. [En línea] [Fecha de consulta: 02/07/2021] Disponible en: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830509001139?casa\\_token=D4usw92XEYsAAAAA:6uReFVWohJqku2M\\_YC922AMXYMsGy1AiKnYRdWc6jyCNnH2jr-al-RNAi\\_J42jq2yyxgb0Rohg](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830509001139?casa_token=D4usw92XEYsAAAAA:6uReFVWohJqku2M_YC922AMXYMsGy1AiKnYRdWc6jyCNnH2jr-al-RNAi_J42jq2yyxgb0Rohg)
  
- IAPH. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2019. *“Guía digital del patrimonio cultural de Andalucía. Ficha del Carmen de los Mártires”* [En línea] [Fecha de consulta: 27/04/2021] Disponible en: <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/271/granada/granada/carmen-de-los-martires>
  
- IAPH. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2019. *“Guía digital del patrimonio cultural de Andalucía. Ficha del Palacio de los Córdoba”* [En línea] [Fecha de consulta: 27/04/2021] Disponible en: <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/294/granada/granada/palacio-de-los-cordova>
  
- ICOMOS. International Council on Monuments and Sites, 1981 *“Jardines Históricos. (Carta de Florencia 1981)”* [En línea] [Fecha de consulta: 27/04/2021] Disponible en: [https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/gardens\\_sp.pdf](https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/gardens_sp.pdf)



- ICOM-CC. International Council of Museums – Committee for Conservation, 2008. *“Terminología para definir la Conservación del Patrimonio Cultural Tangible.”* Resolución adoptada en la 15ª Conferencia Trienal en Nueva Delhi: 21-26 de septiembre de 2008. [En línea] [Fecha de consulta: 27/04/2021] Disponible en: [http://ge-iic.com/files/Cartasydocumentos/2008\\_Terminologia\\_ICOM.pdf](http://ge-iic.com/files/Cartasydocumentos/2008_Terminologia_ICOM.pdf)
  
- IGN. Instituto Geográfico Nacional, 2021. *“Terremotos importantes en la provincia de Granada.”* [En línea] [Fecha de consulta: 04/05/2021] Disponible en: <https://www.ign.es/web/ign/portal/terremotos-importantes>
  
- IPCE. Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2013. *Proyecto COREMANS: Criterios de intervención en materiales pétreos* [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/difusion/publicaciones/libros-del-ipce/coremans.html>
  
- IPCE. Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2018. *“Nanorestart-EU Project (Nanomaterials for the Restoration of Works of Art)”* [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://www.facebook.com/watch/?v=1618282464893497>
  
- IVC+ i. Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigació, 2020 *“Evaluación de procesos de restauración”* [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=km2MWgQbCxI>
  
- JAGIEŁŁO, M.; 2021. *Do We Need a New Florence Charter? The Importance of Authenticity for the Maintenance of Historic Gardens and Other Historic Greenery Layouts in the Context of Source Research (Past) and Taking into Account the Implementation of the Sustainable Bevelopment Idea (Future).* Sustainability, 13, 4900. [En línea] [Fecha de consulta: 02/07/2021] Disponible en: [https://www.scopus.com/results/results.uri?src=s&sot=b&sdt=b&origin=searchbasic&rr=&sl=43&s=TITLE-ABS-KEY\(historic%20gardens%20restoration\)&searchterm1=historic%20gardens%20restoration&searchTerms=&connectors=&field1=TITLE\\_ABS\\_KEY&fields=](https://www.scopus.com/results/results.uri?src=s&sot=b&sdt=b&origin=searchbasic&rr=&sl=43&s=TITLE-ABS-KEY(historic%20gardens%20restoration)&searchterm1=historic%20gardens%20restoration&searchTerms=&connectors=&field1=TITLE_ABS_KEY&fields=)
  
- JEREZ MIR, C.; 2003. *Guía de Arquitectura de Granada.* Editorial Comares, Granada.
  
- JEREZ GÓMEZ, E.J.; 2020. *Estudio y revisión de tratamientos de limpieza para la eliminación de concreciones de carbonatos sobre pintura mural arqueológica.* Granada [Trabajo final de grado]. Universidad de Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/63017>
  
- JIMÉNEZ DÍAZ, N.; TIENZA DURÁN, M.C.; 2004. *El Pilar de Carlos V. El proyecto de intervención en base a su propuesta conservativa y estética.* Cuadernos de la Alhambra 40, pp. 221-242. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://cuadernosdelaalhambra.alhambra-patronato.es/index.php/cdalhambra/issue/archive>

- JONES, B.; 2011. *Stalactite growth mediated by biofilms: Example from Nani Cave, Cayman Brac, British West Indies*. Journal of Sedimentary Research, v. 81, pp. 322-338. [En línea] [Fecha de consulta: 19/05/2021] Disponible en: <https://pubs.geoscienceworld.org/sepm/jsedres/article/81/4/322/330466>
  
- NICOLA, M.; SCALESSE, R.; COLUCCIA, S.; 2006. *“Elaborazione ed applicazione di un sistema di pulitura per l’assottigliamento di strati de carbonatazione su superficie murale dipinta sensibile, realizzato mediante soluzioni acquose addensate a pH debolmente acido”*, Lo Stato dell’Arte 4, GEIIC, Siena. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/326649209>
  
- MARTÍN RAMOS, J.D.; 2004. *Using X Powder: A software package for Powder X-ray diffraction analysis*. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <http://www.xpowder.com/download/xpowder.pdf>
  
- MAS I BARBERÀ, X.; 2010. *Conservación y restauración de materiales pétreos: Diagnóstico y tratamientos*. Editorial Universitat Politècnica de València, Valencia.
  
- MAYER, R.; 1993. *Materiales y técnicas del arte*. Tursen S. A., Madrid.
  
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015. *“Plan Nacional de Conservación Preventiva”* [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/planes-nacionales/conservacion-preventiva.html>
  
- MORA SÁNCHEZ, F.J.; 2012. *Patio de Honor del Castillo de la Calahorra: Caracterización de materiales pétreos, procesos de alteración y propuestas de intervención*. Granada [Trabajo Final de Máster] Universidad de Granada.
  
- Patronato de la Alhambra y Generalife, 2021. *“Cuadernos de la Alhambra”* [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://cuadernosdelaalhambra.alhambra-patronato.es/index.php/cdalhambra/issue/archive>
  
- PERAZA ZURITA, Y.; 2004. *Biodeterioro por microalgas en fuentes de mármol: Descripción y formas de alteración relacionadas. Propuesta material de intervención. Interacciones entre microalgas y sustrato: Estudio de superficies*. Granada [Tesis doctoral]. Universidad de Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 26/04/2021] Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/586>
  
- PÉREZ CHIVITE, M.P.; 2016. *Conservación in situ de los mosaicos romanos de Mérida. Historia y tecnologías de la información geográfica aplicadas*. [Tesis doctoral]. Programa de “Estrategias científicas Interdisciplinarias en Patrimonio y Paisaje”, Universidad del País Vasco. [En línea] [Fecha de consulta: 20/03/2021] Disponible en: <https://addi.ehu.eus/handle/10810/19722>

- PÉREZ CHIVITE, M.P.; 2020. *Técnicas de conservación y restauración en monumentos al aire libre*. Curso de Verano online del Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida 2020: “Metodologías aplicadas: La adecuación integral de un yacimiento arqueológico”, Módulo 2, Tema 4, 13-31 de Julio de 2020, Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida.
  
- Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, 2021. “*Fondo gráfico donado por el Académico D. Antonio Almagro Gorbea. Planimetría de la portada del Palacio de los Córdoba de Granada.*” [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: [https://www.academiacolectores.com/arquitectura/inventario.php?id=AA-819\\_02](https://www.academiacolectores.com/arquitectura/inventario.php?id=AA-819_02)
  
- RODRÍGUEZ NAVARRO, C.; 1994. *Causas y mecanismos de alteración de los materiales calcáreos de las catedrales de Granada y Jaén*. Granada [Tesis doctoral]. Universidad de Granada. [En línea] [Fecha de consulta: 07/04/2021] Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/28726>
  
- RODRÍGUEZ NAVARRO, C.; RODRÍGUEZ NAVARRO, A.; ELERT, K; SEBASTIAN, E.; 2004. *Role of marble microstructure in near-infrared laser-induced damage during laser cleaning*. Journal of Applied Physics, v. 95, nº7, pp. 3350-3357 [En línea] [Fecha de consulta: 19/05/2021] Disponible en: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.1649811>
  
- ROIG PICAZO, P.; CAMPOS GONZÁLE, C.; BERNAL NAVARRO, J.C.; REGIDOR ROS, J.L.; MARCENAC, V.; MADRID GARCÍA, J.A.; VALCÁRCEL ANDRÉS, J.C.; 2017. *Intervención Arquitectónica y Pictórico-Ornamental en la Iglesia Parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia*. Parroquia de San Nicolás, Valencia.
  
- RUBIO DOMENE, R. M.; 2011. Innovaciones desde la Alhambra. Nuevos materiales en la aplicación de Morteros Tradicionales de Restauración. Revista R&R nº 114-115, pp. 102-113. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: [http://morteroalhambra.es/?page\\_id=428](http://morteroalhambra.es/?page_id=428)
  
- Taelman, D.; Elburg, M.; Smet, I.; De Paepe, P.; Vanhaecke, F.; Vermeulen, F.; 2013. *White, veined marble from roman Ammaia (Portugal): Provenance and use*. Archaeometry, Vol. 55, pp. 370-390. [En línea] [Fecha de consulta: 02/07/2021] Disponible en: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1475-4754.2012.00691.x?casa\\_token=E5M0w3\\_w8V8AAAAA%3Anue77clfw6xSlwCeSR9GNZ9OdyzYE9nzxlZkMtNjSKd6bMm4k6x7-3tzwsPzZlnuNS9EQVc8FW-rIKs](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1475-4754.2012.00691.x?casa_token=E5M0w3_w8V8AAAAA%3Anue77clfw6xSlwCeSR9GNZ9OdyzYE9nzxlZkMtNjSKd6bMm4k6x7-3tzwsPzZlnuNS9EQVc8FW-rIKs)
  
- TIENZA DURÁN, M.C.; MARTÍN PEINADO, B.; 2011. *La conservación y restauración de la Fuente de los Leones*. Cuadernos de la Alhambra 46-47, pp. 130-145. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en: <https://cuadernosdelaalhambra.alhambra-patronato.es/index.php/cdalhambra/issue/archive>

- TIENZA DURÁN, M.C.; 2017. *Conservación de los elementos escultóricos del jardín francés del Carmen de los Mártires*. Granada [Trabajo Final de Máster] Universidad de Granada.
  
- TITO ROJOS, J.; 1997. *Restauración en arquitectura del paisaje: ensayo metodológico aplicado al Carmen de los Mártires y otros jardines granadinos del siglo XIX*. Editorial Universidad de Granada, Granada.  
[En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en:  
<https://digibug.ugr.es/handle/10481/56376>
  
- TITO ROJOS, J.; 2017. *Paisaje vegetal y paisaje urbano. El entorno de la Alhambra como ejemplo de las dificultades de gestión*. Arte, historia y cultura. Nuevas aproximaciones al conocimiento del paisaje. Universidad Autónoma Metropolitana de Ciudad de México, pp. 91-110. [En línea] [Fecha de consulta: 05/05/2021] Disponible en:  
[http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6899/Arte\\_historia\\_y\\_cultura\\_Martinez%20Sanchez\\_F\\_2017.pdf?sequence=3#page=93](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6899/Arte_historia_y_cultura_Martinez%20Sanchez_F_2017.pdf?sequence=3#page=93)
  
- UNE-EN 41806: 2009. Limpieza de elementos constructivos.
  
- UNE-EN 15898: 2012. Conservación del Patrimonio Cultural. Principales términos generales y definiciones.
  
- UNE-EN 16095: 2016. Conservación del Patrimonio Cultural. Informe del estado del patrimonio cultural mueble.
  
- UNE-EN 17138: 2019. Métodos y materiales para la limpieza de materiales inorgánicos porosos.
  
- UNE-ISO 31000: 2018. Gestión de Riesgos. Directrices.
  
- WHEELER, G. 2005. *Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone*. The Getty Conservation Institute.
  
- ZALBIDEA MUÑOZ, M.A.; REGIDOR ROS, J.L.; PÉREZ MARÍN, E.; 2016. *La limpieza en obras de arte. Conceptos básicos*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. [En línea] [Fecha de consulta: 19/03/2021] Disponible en:  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/6830>